



**Maria Alice Matos  
Saúde**

**Articulação curricular entre a Matemática e a Física**



**Maria Alice Matos  
Saúde**

**Articulação curricular entre a Matemática e a Física**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Curricular, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Mário Talaia Professor Auxiliar do Departamento de Física, da Universidade de Aveiro

Mas há uma outra razão que explica a elevada reputação das Matemáticas, é que elas levam às ciências naturais exactas uma certa proporção de segurança que, sem elas, essas ciências não poderiam obter.

Albert Einstein

**O júri**  
O presidente

Doutora Ana Carlota Teixeira de Vaconcelos Lloyd Braga Fernandes Thomaz  
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais

Doutor Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes,  
Professor Associado da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-os-Montes e  
Alto Douro.

Doutor Mário de Almeida Rodrigues Talaia  
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro (orientador)

## **agradecimentos**

Assim, manifesto o meu apreço:

- Ao professor Doutor Mário Talaia, por ter aceitado orientar esta dissertação, pela criação das condições necessárias para o seu desenvolvimento e, essencialmente, pela sua orientação rigorosa, traduzida em pertinentes críticas e sugestões. O seu apoio foi fundamental para a concretização desta dissertação;
- Aos meus colegas e amigos, nomeadamente à Emília e ao Paulo pelo apoio incondicional que sempre me deram;
- Ao meu marido e filhos que foram um alicerce para a concretização deste trabalho.

## **palavras-chave**

Articulação Curricular, Trabalho Prático, Dinâmica CTS, Voz Humana, Figuras de Lissajous.

## **resumo**

No ensino secundário pretende-se que os alunos desenvolvam e adquiram uma literacia científica que os torne cidadãos informados, activos e capazes de não só discutir mas também contribuir para encontrar as soluções para os problemas com que se deparam no mundo em que vivem.

Cabe aos professores serem mais um elo de alicerce para estas orientações curriculares. A literatura da especialidade mostra que é conhecida a dificuldade que os alunos dizem sentir na aprendizagem da disciplina de Matemática e portanto manifestam essa mesma atitude negativa em relação à disciplina de Física e Química.

Esta dissertação surge como uma contribuição para minimizar esses efeitos e conceitos aprendidos na Física e Química e na Matemática, favorecendo a articulação curricular entre as duas disciplinas.

Esta investigação considera conteúdos de Trigonometria e Comunicações a curta distância, o primeiro da disciplina de Matemática e o segundo da de Física e Química inserido no currículo do 11.º ano de escolaridade.

É dada ênfase à função seno e função co-seno como ferramentas, a usar na Física e Química e, através dos seus fenómenos físicos estabelecer a modelação matemática.

É mostrada a contribuição que a Matemática desempenha na Física através da identificação de algumas vogais usando a voz humana, quando se recorre às figuras de Lissajous.

**keywords**

Articulation Curriculum, Teaching Research, CTS Dynamics, Oscilloscope, Lissajous Figures.

**abstract**

In secondary school students are expected to develop and acquire a scientific literacy which makes them informed citizens, active and capable not only to discuss, but also contribute to the finding of solutions to the problems found in the world today.

It is well known that students have difficulties in the learning of maths and therefore, they also show a negative approach to the chemical and physics subject.

This dissertation comes from the contribution given to help students to relate all that they have learned in chemical physics and maths, and therefore improving the curriculum knowledge between the two subjects. This study is based on the contents of Trigonometry and Communications within a close range, the first one on maths and the second of chemical and physics which is included in the 11<sup>th</sup> grade scholar year.

We start by emphasizing the role of sine and cosine as working tools to use in chemical and physics, and through its physical phenomena's establish the mathematical modelling.

This way we present a contribution to identify some vowels, using the voice through the design of Lissajous figures.

## *Índice*

<b>Lista de Figuras e Tabelas</b>	<b>3</b>
 <b>Capítulo 1 - Introdução</b>	
1.1	7
1.2	7
1.3	11
1.4	12
1.5	13
 <b>Capítulo 2 - Revisão De Literatura</b>	
2.1	17
2.2	17
2.2.1	23
2.3	35
2.4	39
 <b>Capítulo 3 - Metodologia</b>	
3.1	51
3.2	51
 <b>Capítulo 4 - Fundamentação teórica à actividade</b>	
4.1	57
4.2	58
Teoria conducente à preparação da actividade experimental - A Trigonometria e os Movimentos Harmónicos	
 <b>Capítulo 5 - Actividades desenvolvidas</b>	
5.1	73
5.2	75
5.3	77
5.4	79
 <b>Capítulo 6 - Actividades desenvolvidas</b>	
6.1	99
6.2	99
6.3	100
6.4	103
6.4.1	103



6.5	<b>Recolha de dados</b>	105
6.6	<b>Apresentação e análise de resultados</b>	106
6.6.1	Introdução	106
6.6.2	Caracterização dos participantes	107
6.6.3	Parte II do questionário	109
6.4.4	Parte III do questionário	112
	<b>Capítulo 7 - Considerações finais e implicações pedagógicas</b>	
7.1	Introdução	117
7.2	Implicações pedagógicas do estudo	117
7.3	Limitações do estudo	119
7.4	Conclusões e perspectivas futuras	120
	<b>Referências Bibliográficas</b>	123
	<b>Anexos</b>	129
Anexo I	Registo fotográfico da Oficina de Reflexão	131
Anexo II	Construções geométricas de Figuras de Lissajous	135
Anexo III	Questionário de opinião	141

**Lista de Figuras e Tabelas**

Figura 4.01	Círculo trigonométrico	51
Figura 4.02	Função seno no intervalo $[0, 2\pi]$	60
Figura 4.03	Função $y(t) = \sin(\omega t)$ e $y(t) = 2\sin(\omega t)$	64
Figura 4.04	Função $y(t) = \sin(\omega t)$ e $y(t) = -0,5\sin(\omega t)$	64
Figura 4.05	Função $y(t) = \sin(\omega t)$ e $y(t) = \sin(\omega t) - 1$	65
Figura 4.06	Função $y(t) = \sin(\omega t)$ e $y(t) = \sin(\omega t + \frac{\pi}{4})$	66
Figura 4.07	Função $y(t) = \sin(\omega t)$ e $y(t) = \sin(\omega t - \frac{\pi}{3})$	67
Figura 4.08	Função $y(t) = \sin(\omega t)$	67
Figura 4.09	Função $y(\alpha) = \sin(\alpha)$	68
Figura 4.10	Trajectórias para determinadas diferenças de fase	70
Figura 5.1	Esquema de Montagem	77
Figura 5.2	Comandos do osciloscópio	78
Figura 5.3	Onda sinusoidal registada CH1	80
Figura 5.4	Onda sinusoidal registada CH2	81
Figura 5.5	Ondas sinusoidais registadas CH1 e CH2	82
Figura 5.6	Soma das ondas sinusoidais registadas CH1 e CH2	82
Figura 5.7	Moda X-Y das sinusóides no CH1 e CH2, uma imagem	83
Figura 5.8	Ondas sinusoidais, no CH1 e no CH2	84
Figura 5.9	Situação da visualização de duas sinusóides	84
Figura 5.10	Modo X-Y no osciloscópio	85
Figura 5.11	Gerador de sinais (situação das Figuras de Lissajous)	86
Figura 5.12	Ligação do microfone ao amplificador de sinais	88
Figura 5.13	Gerador de sinais	89
Figura 5.14	Frequência de 500 Hz da vogal "u"	89
Figura 5.15	Frequência da vogal "u": 500 Hz	90
Figura 5.16	Vogal "u" com frequência de 500 Hz (outra imagem)	91
Figura 5.17	Onda fundamental e onda produzida pela vogal "u"	91
Figura 5.18	Gerador de sinais com registo de frequência do som da vogal "a"	92
Figura 5.19	Registo da imagem correspondente à pronúncia da vogal "a"	93
Figura 5.20	Sinusoide produzida pelo gerador de sinais	93
Figura 5.21	A frequência indicada no gerador de sinal 416Hz	94
Figura 5.22	Registo da imagem quando da pronúncia da vogal "i"	94
Figura 5.23	Montagem para a utilização do diapasão	95
Figura 5.24	Onda sinusoidal produzida pela vibração do diapasão e gerador de sinais	95
Figura 5.25	Modo X-Y no osciloscópio	96
Figura 6.1	Caracterização da amostra: Idades	107
Figura 6.2	Caracterização da amostra. Nível de ensino que	108

	leccionam	
Figura 6.3	Caracterização da amostra: Grupo disciplinar	109
Figura 6.4	Caracterização da amostra: Anos de leccionação	109
Tabela 6.1	Tipo, modalidade e objectivos das questões	105
Tabela 6.2	Cronograma das actividades	106

## Capítulo 1

---



## CAPÍTULO 1

### 1.1 Introdução

Neste capítulo pretende-se contextualizar o estudo realizado e apresentar os objectivos que o conduziram. Serão ainda justificadas as razões que levaram à escolha, definição do problema em estudo e algumas das limitações inerentes ao mesmo. No final será apresentado o plano geral da dissertação.

### 1.2 Contextualização do estudo

*"A educação científica é hoje uma componente essencial dos currículos do ensino obrigatório e serão provavelmente as múltiplas razões educacionais, económicas, sociais e políticas a determinar que assim aconteça"* (Miguéis *et al.*, 1996, p. 21).

A educação científica pode, assim, contribuir para que os indivíduos obtenham e compreendam melhor o mundo e a cultura em que estão inseridos.

Ainda de acordo com Miguéis *et al.*, (1996), é hoje cada vez mais partilhada a ideia de que a formação científica dos cidadãos em sociedades de cariz científico / tecnológico deve incluir três componentes, a saber: a educação em Ciência, a educação sobre Ciência e a educação pela Ciência.

No primeiro caso o que está em causa é a dimensão conceptual do currículo, o conhecimento em si (conceitos, leis, princípios, teorias), aspecto que tem sido o mais enfatizado nos programas curriculares. A educação sobre Ciência tem como objectivo de estudo a natureza da própria ciência, ou seja, aspectos metacientíficos. Esta dimensão questiona o estatuto e os propósitos

do conhecimento científico. Mas, para que esta reflexão não se dirija apenas à sua validade científica interna (por exemplo, métodos e processos científicos), é fundamental que o currículo escolar se debruce sobre processos e objectos técnicos usados no dia-a-dia, que se discutam problemáticas sócio-científicas, que se releve a Ciência como uma parte do património cultural da nossa época. A educação pela Ciência tem como meta a dimensão formativa e cultural do aluno através da ciência, revalorizando objectivos de formação pessoal e social (educação do consumidor, impacto das actividades humanas no ambiente, rigor e honestidade na ponderação de argumentos, etc.).

Um quadro curricular que contemple esta vertente está assim de acordo com o objectivo geral da concretização da educação dos jovens para o pleno exercício da cidadania democrática.

Deste modo, as orientações dadas em contexto escolar ao ensino formal das ciências ditas experimentais, passam necessariamente pelo modo como se perspectiva o papel das actividades práticas quer no ensino, quer na aprendizagem dos alunos.

Apesar de alguma controvérsia sobre as actividades práticas, estas continuam a ser uma componente importante e fundamental para a formação em Ciências e sobre Ciências dos alunos.

A educação em Ciências não é apenas a compreensão da natureza da Ciência, mas a promoção de uma alfabetização científica que permita ao estudante interpretar as realizações e as deficiências da Ciência e da Tecnologia, para exercer o seu pleno direito à cidadania.

A Ciência não é completamente independente dos sujeitos que a produzem e dos recursos instrumentais que se utilizam para a sua produção.

A concepção que o professor tem de Ciência está implicada no modo como vai ensinar a Ciência. Essa implicação pode fazer-se linearmente, havendo

assim coerência entre concepção da Ciência e prática pedagógica, ou então, envolver contradições entre aqueles dois aspectos - o professor pode utilizar metodologias que, sem disso ter consciência, não estão de acordo com a sua concepção de Ciência - capazes de originar situações de conflito complicadas, com efeitos pedagógicas negativas.

Para evitar tais situações, deve-se criar um espaço em que o professor possa contactar com as principais concepções de Ciência, discuti-las e confrontá-las e aprofundar as suas próprias concepções, daí retirando algumas indicações quanto aos métodos e procedimentos a adoptar no seu ensino.

Cada vez mais a eficácia do professor no processo de ensino e aprendizagem passa não apenas pelos seus conhecimentos específicos no plano dos conteúdos programáticos, mas também pelo seu sucesso no plano da relação pedagógica.

Considerando a situação pedagógica como uma estrutura que se constitui na base de uma relação triangular constituída pelos elementos 'saber', 'professor' e 'aluno' pode-se afirmar que o processo de ensino e aprendizagem se passa a definir não em função daquilo que o professor ensina, mas a partir daquilo que os alunos são capazes de aprender com o apoio de alguém circunstancialmente mais capaz, na margem de incidência da acção educativa que esse alguém deverá ser capaz de delimitar. O professor afirma-se como alguém cuja função primordial é, sobretudo, a de contribuir para potenciar a relação do aluno com o saber. Valoriza-se, assim, o aluno como o centro da acção educativa para constatar que não é possível ensinar de um modo credível e produtivo se não se tiver em conta a cartografia da sua rede individual de representações, o que nos permite defender que esta perspectiva, próxima do que se convencionou designar por construtivismo, valoriza sobretudo as



representações que os alunos possuem sobre a realidade como um conceito central para se explicitar posteriormente o que se define por aprendizagem.

Existe a necessidade de o professor pensar o seu trabalho em termos de currículo porque isso lhe oferece uma perspectiva diferente daquilo que ele faz na sala de aula. A base desta necessidade profissional é a exigência de que o professor não seja apenas o operário do currículo, mas também um dos seus arquitectos. Aqui há duas posturas distintas: *"se o professor assume um papel de implementador do programa, como um conjunto de matérias prescritas, tornar-se-á executor, o operário, ou o consumidor; se assume um papel prático e de reflexão sobre o programa, valorizando criticamente o trabalho que desenvolve e incorporando as necessidades dos alunos, tornar-se-á o construtor, o arquitecto e o investigador prático"* (Pacheco, 1996, p. 48).

As orientações curriculares definidas para a área disciplinar de Ciências Físicas e Naturais apresentam temas comuns às duas disciplinas, mas a serem geridas de forma flexível, onde se prevê e projecta um trabalho de parceria ao longo do ensino, fomentando deste modo a interdisciplinaridade e a articulação entre as Ciências e a Matemática, está também prevista no Currículo Nacional. Nele se refere que os alunos devem desenvolver no seu percurso a competência de *"usar a Matemática, em combinação com outros saberes, na compreensão de situações da realidade"* (Canavarro, 2005, p. 57). Isso poderia contribuir para a grande dificuldade dos alunos na transferência dos conhecimentos matemáticos e sua consequente aplicação, por exemplo em situações relacionadas com a Física. Os alunos consideram estes conhecimentos como estanques, aplicáveis unicamente nas aulas de Matemática. A maior dificuldade reside na dificuldade de os alunos compreenderem que as duas disciplinas estão interligadas. A falta de articulação entre os grupos disciplinares e os professores das duas disciplinas

em nada contribui para colmatar esta lacuna. É importante ter em atenção a imagem errada que pode ser transmitida aos alunos. A Física não é um ramo da Matemática, nem a Matemática se resume à resolução de equações matemáticas. A matemática serve, e é fundamental fazer compreender aos alunos, como ferramenta de apoio importante na compreensão e interpretação de fenómenos físicos.

Neto (1998) defende a ideia de pelo facto de a Física necessitar dos conhecimentos da Matemática, isso não significa que estes sejam suficientes para compreender aquela disciplina, não devendo por isso ser considerados como pré-requisitos únicos.

### 1.3 Objectivos do estudo

Usando como contexto geral o tema Comunicações a curtas distâncias, pretende-se proporcionar a oportunidade de compreender como se realiza a transmissão de informação nas suas diversas formas, estudando-se os conceitos de som, enquadrados no modelo geral de propagação ondulatória relacionado com o estudo da Trigonometria no 11º ano de escolaridade.

A relação entre a Matemática e a Física e Química permite a formulação da equação de propagação e a observação dos respectivos registos gráficos, para os quais o uso de osciloscópios é particularmente útil.

Utilizando um osciloscópio, ***como identificar um indivíduo pela voz em alternativa à impressão digital?***

Partindo da questão problema e tendo como contextualização o anteriormente descrito, o objectivo deste estudo será operacionalizado em objectivos específicos, tais como:

- interpretar a propagação de um sinal por meio de um modelo ondulatório;
- identificar diferentes tipos de sinais;
- descrever um sinal harmónico simples através da função  $A\sin(\omega t)$ ;
- relacionar o período com a frequência do sinal;
- interpretar uma onda harmónica como a propagação de um sinal harmónico simples ( sinusoidal ) com uma dada frequência;
- estabelecer a relação entre uma onda sonora e o modelo matemático.

## 1.4 Importância do estudo

A Matemática é uma disciplina que, num mundo em mudança, abrange ideias tão díspares como as que são utilizadas na vida de todos os dias, na generalidade das profissões, em inúmeras áreas científicas e tecnológicas mais matematizadas e, ao mesmo tempo, é uma disciplina que tem gerado contribuições significativas para o conhecimento humano ao longo da história.

A Matemática não pode e não deve ser trabalhada de forma isolada, nem isso deve estar na sua natureza. Pelos instrumentos que proporciona e pelos seus aspectos específicos relativos ao raciocínio, à organização, à comunicação e à resolução de problemas, a matemática constitui uma área do saber plena de potencialidades e de actividades interdisciplinares dos mais diversos tipos. A matemática não deve identificar-se com o ensino de um certo número de conteúdos matemáticos específicos, mas sim com a promoção de uma educação matemática, sobre a matemática e através da matemática, contribuindo para a formação geral do aluno.

Quando são leccionados os conteúdos de Ciências como a Física e a Química raramente focam a relação que os mesmos estabelecem entre essas

disciplinas e a Matemática, isto apesar de a Matemática estar presente no ensino de muitos conceitos físicos e químicos, assumindo especial importância na disciplina de Ciências Físico-Químicas, ao longo da escolaridade básica e secundária.

O estudo desenvolvido e apresentado nesta dissertação poderá conduzir a uma reflexão sobre as próprias práticas pedagógicas dos professores das duas disciplinas de Matemática e de Física e Química, as quais têm convivido de forma nem sempre bem entendida pelos alunos e com uma articulação curricular francamente alimentada e trabalhada pelos próprios, observando fenómenos físicos onde possam estabelecer a modelação matemática. Assim deve-se estabelecer de uma forma constante esta interligação, que é recomendada pelos programas onde as actividades devem favorecer a ligação da matemática com outras áreas do currículo, criando um trabalho interdisciplinar (Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário).

## **1.5 Estrutura geral da dissertação**

Tendo em conta o enquadramento conceptual e metodológico, a dissertação é constituída por sete capítulos.

No primeiro capítulo, é feita a contextualização do estudo, objectivos e a sua importância.

No segundo capítulo apresenta-se uma revisão da literatura referente ao conceito de currículo, à Ciência e o Currículo, à articulação da Matemática na disciplina de Física e Química, assim como a modelação entre estas duas ciências.

No terceiro capítulo descreve-se as várias etapas do estudo e justifica-se os procedimentos, referindo a metodologia e as fases em que se desenvolve.

No quarto capítulo apresentam-se as principais fundamentações teóricas e a teoria conducente à preparação da actividade experimental. É feita referência à articulação entre a Trigonometria e os Movimentos Harmónicos.

No quinto capítulo apresentam-se as actividades experimentais desenvolvidas neste estudo de investigação e, no sexto capítulo é referenciado a oficina pedagógica de reflexão, realizada com professores que leccionam a disciplina de Matemática e professores que leccionam a disciplina de Física e Química. É referido a população e a amostra que constituem o estudo, a selecção e justificação das actividades desenvolvidas, os instrumentos e a recolha de dados.

No sétimo e último capítulo registam-se as conclusões do estudo, limitações e possíveis implicações pedagógicas para o ensino das disciplinas de Matemática e Física e Química e fazem-se algumas sugestões para futuras investigações.

No final é apresentada a bibliografia consultada, organizada por ordem alfabética das fontes que a compõem, todas referenciadas no texto, incluindo-se ainda os sítios consultados.

## Capítulo 2

---



## CAPÍTULO 2 – Revisão da Literatura

### 2.1 Introdução

Neste capítulo pretende-se apresentar uma análise teórica reflexiva subordinada ao tema que conduziu este estudo, tendo por base a revisão da literatura efectuada. O capítulo começará, assim, por abordar o conceito de currículo, no que diz respeito à sua importância e utilidade para a formação global dos cidadãos fazendo referência à Ciência e o Currículo, relacionando as duas grandes áreas curriculares em foco neste estudo, a Matemática e a Física e Química. Será ainda analisado a articulação entre as áreas das ciências envolvidas neste estudo, terminando o capítulo com uma referência da importância da modelação Matemática no ensino da Física e Química.

### 2.2 O Conceito de Currículo

Reflectindo sobre o historial do sistema educativo português, constata-se que o vocábulo currículo ganha a partir dos anos 80/90 uma importância capital, *"o currículo é um núcleo e a substância da educação"* (Alonso, 2001, p. 28).

O currículo aparece pela primeira vez, nos Estados Unidos da América - anos 20, com Bobbit (1918), como objecto específico de estudo e pesquisa, constituindo um campo especializado de estudos, *"foram talvez as condições associadas com a institucionalização da educação de massas que permitiram que o campo de estudos do currículo surgisse nos Estados Unidos como um campo profissional especializado"* (Silva, 2000, p. 18).

O próprio conceito de currículo evoluiu com tendências para o que, na



gíria curricular, se tem designado por "*pêndulo oscilante*" (Roldão, 1999a, p. 16), que "*oscilaria entre a valorização dos saberes e da excelência académica por um lado, e a relevância atribuída aos interesses dos alunos e à actualidade e pertinência das áreas de estudo, por outro*" (Ibidem, p. 47).

Apesar do conceito de currículo fazer parte do vocabulário usual nos Estados Unidos desde o início do Século XX, em Portugal o conceito é ainda muito embrionário, apesar de se ter vulgarizado na linguagem educativa nos últimos anos. O termo currículo é uma das "*palavras mito*" (Zabalza, 1994, p. 41) da linguagem educativa actual. Não obstante, o vocábulo currículo não é ainda do conhecimento geral e é alvo de alguma ambiguidade. O termo currículo "*provém do Latim Currere que significa caminho, jornada, trajectória, percurso a seguir e encerra, por isso, duas ideias principais: uma de sequência ordenada, outra de noção de totalidade de estudos*" (Pacheco, 1996a, p. 15). Segundo o dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea - Academia das Ciências de Lisboa, o currículo é definido como "*conjunto de matérias ou disciplinas escolares que fazem parte de um curso, de um ciclo de estudos*", e esta é uma definição com alguma tradição.

Daí que o termo currículo seja geralmente entendido ou em sentido restrito ou em sentido lato. "*Em sentido restrito, o currículo é constituído pelo conjunto das actividades lectivas, ficando fora dele todas as actividades não lectivas, ainda que reconhecidamente de grande interesse educativo. Em sentido lato, o currículo coincide com o conjunto de actividades (lectivas e não lectivas) programadas pela escola, de carácter obrigatório, facultativo ou livre*" (Machado e Gonçalves, 1991, p. 160).

O currículo tem sido alvo de várias abordagens teóricas, conduzindo a alguma diversidade e controvérsia, acerca da sua definição, fruto das pressões sócio - políticas em cada momento histórico.

Nas primeiras concepções de currículo propostas por Tyler, Phenix, Taba, Johnson e D'Hainaut constata-se que para uns o currículo se centra em conteúdos e para outros num conjunto de objectivos. Entende-se que o currículo corresponde a um plano de estudos, ou a um programa muito estruturado e organizado na base de objectivos, conteúdos e actividades de acordo com a natureza das disciplinas. Esta definição traduz o currículo pelo elenco das disciplinas (ou conjunto de matérias / conteúdos) que constituem o plano curricular, engloba apenas o conjunto de conhecimentos científicos e disciplinas que se ensinam e apreendem na escola. Esta definição reduz o currículo a um mero programa, que na nossa tradição consiste numa lista de matérias a ensinar. Nesta perspectiva, o currículo surge como um conjunto de objectivos organizados segundo uma estrutura e desenvolvidos de acordo com uma sequência.

Outras definições de currículo, *"propostas por Schawb, Smith et al., Foshay, Rugg, Caswell, Stenhouse, Gimeno, Zabalza, Kemmis, etc., consideram-no não como um plano, totalmente previsto, mas como um todo organizado em função das questões previamente planificadas, do contexto em que ocorre e dos saberes, atitudes, valores, crenças que os intervenientes trazem consigo, com a valorização das experiências e dos processos de aprendizagem"* (Pacheco, 1996a, p. 17). Esta definição constitui um acréscimo, na medida em que não se reduz ao programa das disciplinas.

De acordo com Zabalza *"Currículo é o conjunto dos pressupostos de partida, das metas que se deseja alcançar e dos passos que se dão para as alcançar; é o conjunto de conhecimentos, habilidades, atitudes, etc. que são consideradas importantes para serem trabalhadas na escola, ano após ano"* (Zabalza, 1994, p. 11).

Quanto aos processos de legitimação curricular, de acordo com Pacheco

(1996a, p. 34), Pinar identifica vários grupos:

- Tradicionalistas: *"seguidores de Tyler; entendem o currículo como uma técnica nas mãos dos especialistas, ou como um produto que é decidido superiormente e depois colocado ao serviço dos professores, de acordo com o modelo burocrático, a racionalidade tecnológica, a mentalidade técnica"*.
- Empiristas Conceptuais: *"o currículo é decidido numa relação entre os especialistas e os que estão na escola, e que são inúteis as prescrições curriculares, pois dever-se-á aceitar a deliberação prática como um aspecto central do desenvolvimento curricular. A prática é assim a solução de todos os problemas"*.
- Reconceptualistas: *"perspectivam o currículo como um processo político, que através da crítica deve levar à emancipação das comunidades que o realizam"*.

Ao falar de currículo não podemos deixar de referir o pioneiro da concepção de currículo, Bobitt (1918), que associa a ideia de currículo a *"um processo de racionalização de resultados educacionais, cuidadosa e rigorosamente especificados e medidos"* reduziu o currículo a um conjunto de habilidades que permitirão aos alunos adaptar-se à vida adulta na sociedade. Neste sentido a infância é subordinada ao mundo dos adultos, numa lógica de reprodução e de aprendizagem da submissão, tendo como valor prioritário o valor económico. A Escola é equiparada a uma fábrica.

Em contrapartida, Dewey de uma corrente mais progressiva, dando maior importância aos valores sociais, não teve tanta influência na época. Em contraste com Bobitt, Dewey *"achava importante ter em consideração, no planeamento curricular, os interesses e as experiências das crianças e jovens"* (Silva, 2000, p. 20) considerando que a educação não era uma preparação para a vida ocupacional adulta.

A procura de eficácia e da eficiência deu lugar a uma orientação curricular tecnicista fortemente influenciada pelas correntes psicológicas behavioristas.

Surge, assim, o 1º modelo curricular implementado por Tyler (1950) cuja concepção de currículo se configurou aos fins a atingir. Não se preocupando com o processo, mede a eficácia da escola através de exames em função das metas preestabelecidas. Entende o currículo como um processo tecnológico de produção estimulando práticas de operacionalização dos objectivos de aprendizagem, que funcionariam como guias orientadores de todo o processo instrutivo e referenciais de análise da sua eficácia.

Segundo Tyler (1950), os objectivos devem ser claramente definidos e estabelecidos, bem como formulados em termos de comportamento explícito (orientação comportamentalista). É a partir dos seus princípios lógicos que se estabelecem os objectivos gerais.

*"Nesta postura Tecnicista, o currículo é prescritivo da instrução e regulador dos objectivos a atingir, objectivos esses que constituem ponto de partida determinante dos processos e dos fins a alcançar"* (Leite, 1997, p. 29).

Este modelo embora implementado durante décadas é alvo de críticas quanto à sua orientação comportamentalista e por parte de alguns teóricos que questionam: se a elaboração do currículo deve começar pelos objectivos; se as fontes de conhecimento deverão ser apenas o indivíduo, a sociedade e as disciplinas ou também a ideologia; a dimensão técnica aqui enfatizada; a ideia do aluno enquanto matéria-prima e o carácter restritivo da avaliação.

É Bloom (1956), através da sua taxionomia de objectivos educativos, que vem facilitar a operacionalização do modelo de Tyler, permitindo a definição de objectivos específicos nos domínios cognitivo, afectivo e psicomotor (considerado um passo preliminar para a medição da aprendizagem curricular).

Nos finais da década de 60, Schwab, começa a contestar o excesso de confiança na teoria afirmando que o campo do currículo se encontrava moribundo e propondo o discurso da prática que confeririam mais atenção àquilo que se faz e menos àquilo que se pretende fazer. *"Apesar de não discordar abertamente de Tyler, e apesar de não apresentar soluções para contrariar o modelo dominante da "racionalidade técnica", Schwab tem o mérito de chamar a atenção para a confiança excessiva da aplicação das leis científicas ao campo curricular como se este fosse um terreno meramente técnico, determinado por factores e variáveis que pudessem prever totalmente"* (Pacheco, 1996a, p. 38).

Duas décadas depois, na mesma linha podíamos incluir Stenhouse (1984) considerando que a actividade prática se realiza em torno da investigação com os professores no seu trabalho de aula. Tem como inovação a investigação do professor, embora esta seja apenas no contexto de aula.

*"Mais do que o produto ou o resultado pretendido, o currículo deve proporcionar um princípio de procedimento para o professor, dado que se entende como algo em construção e inacabado ou como uma ferramenta que, comparada a uma receita culinária, pode ser diferentemente utilizadd"* (Pacheco, 1996a, p. 39). Segundo Pacheco, Stenhouse afirma que *"um currículo é uma tentativa de comunicar os princípios e aspectos essenciais de um propósito educativo, de modo que permaneça aberto a uma discussão crítica e possa ser efectivamente realizado"* (Ibidem, p. 39). A teoria prática reforça a concepção do currículo como processo e não como produto.

### 2.2.1 A Ciência e o Currículo

Acontecimentos importantes como a Contra Reforma, a Revolução Industrial e a Segunda Guerra Mundial afectaram o contexto social do mundo ocidental e a própria natureza da Ciência contribuindo para que, na actualidade, se tenha uma Ciência institucionalizada, profissionalizada e socializada.

É no século XVII, numa época marcada pela Contra - Reforma que a Ciência, representada pelos filósofos naturalistas, se vê institucionalizada e reconhecida pelo poder. Por outro lado, o poder adquirido pelos cientistas ao longo dos séculos XVII e XVIII conduzem à profissionalização da Ciência e no final do século XVIII, técnicas desenvolvidas por cientistas exibiam reflexos positivos na produtividade humana que vieram a contribuir para a Revolução Industrial. É nesta época que se institucionaliza socialmente a tecnologia e os cientistas redefinem as fronteiras da Ciência e a sua missão na Sociedade.

De acordo com Canavarro (1999, p. 80), o "*reconhecimento da importância da ciência e da tecnologia na economia das sociedades conduziu à sua admissão no ensino, com a criação de unidades curriculares autónomas em áreas como a Física, a Química e a Geologia e com a profissionalização de indivíduos para ensinar estas áreas e de outros que posteriormente as iriam praticar profissionalmente*".

Neste período afirma-se a Ciência como componente fundamental da formação dos indivíduos. Assim, a um sistema educativo centrado no estudo das línguas clássicas e da matemática do início do século contrapõe-se, no final do século, uma educação com componentes mais programáticos essencial para viver num mundo que começava a ser dominado pela indústria, pela tecnologia e pela ciência.

Segundo Canavarro (1999, p. 83), Raizen (1991) afirma que, *"a mudança processou-se de forma gradual com a introdução do estudo da ciência e de outras disciplinas modernas nos currícula dos diversos níveis de ensino e com uma redução do estudo das disciplinas clássicas"*.

Os defensores da subrogação gradual do estudo das disciplinas clássicas pelo estudo da ciência argumentavam que os cidadãos do século XIX enfrentavam desafios importantes que o sistema educativo ignorava e que uma nova educação, com base científica, poderia capacitar os cidadãos a lidar com questões socio-económicas e culturais de forma mais adequada.

Deste modo, a modernização da sociedade implicaria a modernização da Educação, a "cientificação" e "tecnologização" da sociedade obrigaria a um ensino que contemplasse as questões científicas e tecnológicas.

*"Da discussão entre disciplinas clássicas e disciplinas científicas resultou a integração destas últimas no sistema educativo, facto que, à primeira vista, motivaria um congestionamento nas ofertas de formação de currícula propostos pelas escolas. Este facto obrigou a uma reorganização dos currícula, não só diminuindo o número de alguns temas para poder incluir outros, mas também introduzindo novas práticas, conduzindo progressivamente o ensino das ciências para o laboratório"* (Canavarro, 1999, p. 85).

Por volta da década de 50 iniciou-se a reforma curricular do pós Segunda Guerra Mundial, assentando numa apresentação muito estruturada e lógica das disciplinas científicas encorajando os estudantes a pensar e agir como cientistas, tendo como pressuposto um modelo de cientista que se aproximava duma concepção positivista da ciência.

*"Para DeBoer (1991) e Raizen (1991), esta reforma curricular não ponderou um conjunto de princípios gerais de teor curricular e educativo,*

*designadamente o interesse e motivação dos estudantes e a ligação entre os conhecimentos científicos e o mundo experimental dos estudantes. De acordo com Airkenhead (1995), esta reforma gerou cursos de ciências muito teóricos, abstractos, longos e pouco motivadores, apresentando a ciência numa perspectiva divorciada da tecnologia e da sociedade" (Canavarro, 1999, p. 87).*

As falhas da reforma curricular do pós Segunda Guerra Mundial detectadas determinaram, no final dos anos 60, a emergência dum novo conceito - aptidão para lidar com a ciência. Deste modo o mundo (Científico, Tecnológico e Social) tem sofrido alterações profundas ao longo das últimas décadas, algumas delas com particular relevância para o Ensino das Ciências.

Assim, o Ensino das Ciências tem vindo a procurar dar respostas às mudanças e às solicitações delas decorrentes no sentido de contribuir para uma sociedade mais letrada, mais apta a lidar com a mudança.

*"Parece consensual que a educação científica deve adaptar-se às exigências da sociedade, permitir aos indivíduos pensar e agir de forma independente. Deve apresentar ideias novas e treinar competências de investigação como forma a permitir-lhes a auto-regulação das aprendizagens, a satisfação pessoal e a responsabilização social" (Canavarro, 1999, p. 89).*

É também do conhecimento geral que o desafio de criar uma sociedade cientificamente letrada e apta a lidar com a ciência é tarefa de quem ensina Ciência e que tem sido uma temática importante e vastíssima de discussão.

A Ciência transformou não só o ambiente natural, mas também o modo como pensamos sobre nós próprios e sobre o mundo que habitamos.

O papel da Ciência e da Tecnologia no nosso dia-a-dia exige uma população com conhecimento e compreensão suficientes para entender e seguir debates sobre temas científicos e tecnológicos e envolver-se em



questões que estes temas colocam, quer para eles como indivíduos quer para a sociedade como um todo.

De acordo com as actuais orientações curriculares são propostas conjuntas de competências gerais a alcançar pelos alunos no final do Ensino Básico com ligações à abordagem de ensino CTS-A (DEB, 2001):

- mobilizar saberes culturais, científicos e tecnológicos para compreender a realidade e para abordar situações e problemas do dia-a-dia;
- usar adequadamente linguagens das diferentes áreas do saber cultural, científico e tecnológico;
- pesquisar, seleccionar e organizar informação para a transformar em conhecimento mobilizável;
- adoptar estratégias adequadas à resolução de problemas e à tomada de decisões;
- realizar actividades de forma autónoma, responsável e criativa;
- cooperar com outros em tarefas e projectos comuns.

A fim de promover a literacia científica, o Currículo Nacional do Ensino Básico encontra-se organizado em torno de competências específicas, tais como:

*conhecimento*

- substantivo - análise e discussão de situações problemáticas, de modo a interpretar e compreender leis e modelos científicos, reconhecendo as limitações da Ciência e da Tecnologia;
- processual - pesquisa bibliográfica, planeamento e realização de experiências ou investigações individuais ou em grupo, avaliação dos resultados, elaboração e interpretação de gráficos ou tabelas;
- epistemológico - análise e debate de relatos de descobertas científicas, destacando êxitos e fracassos, métodos de trabalho de diferentes cientistas

ao longo dos tempos, influências da Sociedade sobre a Ciência, permitindo confrontar as explicações científicas com as do senso comum;

- raciocínio - situações de aprendizagem centradas na resolução de problemas, com interpretação de dados, formulação de problemas e de hipóteses, planeamento de investigações, previsão e avaliação de resultados, estabelecimento de comparações, realização de inferências, generalização e dedução, promovendo o pensamento de uma forma criativa e crítica;

- comunicação - uso de linguagem científica na interpretação de fontes de informação diversas, com distinção entre o essencial e o acessório, em situações de debate, permitindo a exposição de ideias, a sua defesa e argumentação, o poder de análise e de síntese e na produção de textos escritos e/ou orais. Na apresentação dos resultados de pesquisa, deve-se fazer uso, nomeadamente, das novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC);

- atitudes - experiências educativas onde se desenvolva curiosidade, perseverança, seriedade no trabalho, respeitando e questionando os resultados obtidos, a reflexão crítica sobre o trabalho, a flexibilidade para aceitar o erro, a incerteza e a reformulação do trabalho, o desenvolvimento do sentido estético, de forma a apreciar os fenómenos envolventes, o sentido ético e a sensibilidade de modo a avaliar o impacto do trabalho na Sociedade e no Ambiente.

As competências devem ser vistas no seu conjunto, desenvolvendo-se transversalmente, e em simultâneo, ao longo das experiências educativas (ME-DEB, 2001).

Vai de encontro à perspectiva CTS-A o facto do actual Currículo Nacional do Ensino Básico destacar o termo "competência", assim entende-se o

saber como aquisição integrada de capacidades e atitudes, que tornam possível a utilização de conhecimentos.

No caso das Ciências Físicas e Naturais, cabe à escola, no contexto do seu projecto curricular e de acordo com os princípios da gestão flexível do currículo, decidir o modo como as orientações para as duas disciplinas serão desenvolvidas ao longo do 3º ciclo do Ensino Básico, sendo os professores das duas disciplinas, Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas encorajados a trabalharem em colaboração.

O Ensino das Ciências assumiu nas últimas décadas sucessivas perspectivas, influenciadas por diversas fundamentações, essencialmente psicológicas e epistemológicas. Assim, estabeleceram-se finalidades educativas diferentes, com origem em distintas formas de organizar os currículos e também em diferentes formas de os gerir. Cada uma das perspectivas, propõe a adopção de diferentes estratégias de ensino e de avaliação, constatando-se que são diferenciados os papéis desempenhados pelo professor, pelo aluno e os recursos utilizados na sala de aula.

Segundo Cachapuz *et al.*, (2001) podem ser apontadas quatro perspectivas de ensino: Ensino Por Transmissão (EPT); Ensino Por Descoberta (EPD); Ensino Por Mudança Conceptual (EMC) e Ensino Por Pesquisa (EPP).

*"A Aprendizagem por Transmissão é um modelo paradigmático da pedagogia que tem o seu fulcro nas exposições orais do professor. Neste modelo, presume-se que o professor pode transmitir ideias pensadas por si próprio ou por outros (conteúdos) ao aluno que as armazena sequencialmente no seu cérebro (receptáculo). Ou seja, o professor "dá a lição", imprime-a em arquivadores de conhecimentos e pede, em troca, que os alunos usem a sua actividade mental para acumular, armazenar e reproduzir informações"* (Cachapuz, 1992, p. 13).

Assim, partindo do princípio de que os conhecimentos existem fora de nós, o aluno necessita apenas de ouvir com atenção para que aprenda.

Das críticas a estes modelos paradigmáticos da pedagogia, destacam-se as que evidenciam a necessidade de ligar as palavras às coisas; as pedagogias intuitivas e as pedagogias activas "*A pedagogia transmissiva é acusada de ser uma pedagogia repetitiva, de base memorística, de ritmo uniforme, de motivação extrínseca, onde o papel do erro é entendido como negativo e que centra a avaliação (normativa) na medição de conhecimentos arquivados na memória, à medida que vão sendo reproduzidos*" (Cachapuz, 1992, p. 14).

É no século XX que a pedagogia transmissiva utilizada na avaliação interna é reforçada com introdução da avaliação exterior à instituição escolar.

A emergência de modelos conflituantes sugere mudança e conduz à crise da aprendizagem por transmissão.

No caso da Didáctica das Ciências, "*surgem modelos pedagógicos intuitivos de índole sensorial, que valorizam a percepção directa de objectos exteriores e logo a estimulação sensorial, como alternativa a modelos que têm o fulcro na exposição oral do professor, ou seja, em que este conceptualiza e injecta no aluno o conteúdo do seu pensar*" (Cachapuz, 1992, p. 14).

Deste modo, a epistemologia empirista e o behaviorismo conduzem a uma desestruturação da pedagogia transmissiva e, complementarmente, vai-se impondo outro paradigma.

Os conceitos vigentes nos modelos da pedagogia transmissiva, além de terem entrado em conflito cognitivo com situações do mundo real (insucesso escolar), entraram em conflito com conceitos do mundo das ideias. Este confronto de ideias contribuiu para a refutação do paradigma da pedagogia transmissiva e para a emergência e implementação de modelos de pedagogia intuitiva.

Na Aprendizagem Por Descoberta parte-se da convicção de que os alunos aprendem, por conta própria, qualquer conteúdo científico a partir de observações. Assim, *"são os trabalhos experimentais radicados no sensorial e no imediato que levam à descoberta de factos "novos" e de que é a interpretação, mais ou menos contingentes, de tais factos que conduz, de forma natural e espontânea, à descoberta de ideias, das mais simples às mais elaboradas"* (Cachapuz, 1992, p. 19).

Aqui não se tem em conta que uma construção activa do conhecimento não pode ignorar a construção de ideias a partir de ideias. Tal como Santos refere *"não tem em conta que a construção para ser activa não pode ignorar o sistema de significações interno já existente"* (Cachapuz, 1992, p. 19).

Os projectos curriculares para o Ensino das Ciências, de origem predominantemente anglo-saxónica, passaram a influenciar os nossos currículos, os nossos manuais e, em parte, as nossas práticas. Foi a partir da década de 70 que esta influência foi mais notória, levando a que a Didáctica das Ciências aceitasse o EPD, entre nós.

É nos anos 80 que a estabilidade e o consenso do EPD entra em crise, como se pode constatar, nas palavras de Shayer (1982) quando diz: *"os anos 60 deixaram-nos com muitos mitos não testados sobre os propósitos do ensino da ciência. Já não temos a certeza se devemos ensinar para os "factos", para o conteúdo da disciplina, para a sua estrutura conceptual, ou para o processo da ciência..."* (Cachapuz, 1992, p. 20).

O EPD é criticado pela ênfase exagerada que põe na aprendizagem intuitiva, a pretensão de que o aluno descobre, sistematicamente, por conta própria, ideias a partir de factos e ainda a convicção de que todos os conteúdos são produtos incidentais e colaterais de um processo mais ou menos intuitivo.

Aqui é valorizado o pensamento elementar em detrimento de um pensamento mais elaborado dificultando o desenvolvimento de estratégias de ensino sistemático e intencionalmente dirigidas para a aprendizagem de competências do pensar.

O entendimento do método científico que as propostas pedagógicas do EPD reflectem dá uma imagem empirista / indutivista do trabalho dos cientistas, valoriza o "discurso do método" e fomenta imitações ingénuas da investigação científica.

Os confrontos entre este paradigma e os modelos pedagógicos construtivistas veio reforçar a crise do EPD.

A perspectiva epistemológica racionalista, ao contrário da empirista, não garante a possibilidade de controlo das ideias com base em dados observáveis neutros, contudo não defende o abandono da observação mas sim que ela deve ser cada vez mais preparada e mais orientada por teorias cada vez mais profundas.

*"Para algumas tendências racionalistas (anti-indutivistas) a exposição científica não deve funcionar no sentido da confirmação positiva das nossas hipóteses, mas antes como tentativa de rectificação de erros contidos nessas hipóteses. (...) Na perspectiva racionalista, a hipótese é mais do que um andaime provisório, é algo que intervém activamente na preparação teórica e técnica e na interpretação da experiêncid" (Cachapuz, 1992, p. 22).*

Deste modo, esta perspectiva substitui o curto-circuito linear, e muito estruturado, do tradicional método científico pelo longo circuito de um método dinâmico, dialéctico e pouco estruturado.

A pretensão de que o aluno constrói o seu conhecimento a partir do zero, presente no EPD é criticada pelos modelos pedagógicos construtivistas

que consideram que o nível de desenvolvimento cognitivo atingido pelo aluno é condição necessária mas não suficiente.

*"Para o cognitivismo, ao contrário do behaviorismo, a mente não se reduz a uma "caixa negra" que recebendo informação e estímulos do exterior (input) reage fornecendo comportamentos observáveis (output) " (Cachapuz, 1992, p. 24).*

A pedagogia do EMC vai contra uma convergência de ideias sobre a conceptualização centrada nos conceitos a adquirir, emergindo das grandes rupturas no conhecimento científico do início do século XX.

Nos modelos de mudança conceptual o problema básico passa de como se adquirem conceitos novos, para como mudam os conceitos, fundamentando-se em ideias de raiz racionalista e cognitivista.

*"Os modelos de mudança conceptual não se radicam na ilusão de que se podem transmitir ideias directamente daquele que sabe - o professor - para aquele que não sabe - o aluno. Não concebem a inteligência como um vazio inicial que se vai enchendo progressivamente por sobreposição de conhecimentos" (Cachapuz, 1992, p. 26).*

Este modelo ao questionar o EPD abandona um empirismo ingénuo, que faz da observação o seu ponto de partida - ilusório - e a sua pedra de toque na construção dos conceitos.

Deste modo são os alunos que com o envolvimento cognitivo, atitudinal e emocional necessários, constroem e (re) constroem os seus conhecimentos, adquirindo e desenvolvendo instrumentos para pensar melhor.

O professor tem a tarefa de induzir o aluno a aprender a pensar promovendo a mudança do pensar pré-científico para o pensar cientificamente, bem como organizar estratégias intencionais e promotoras de conflito

cognitivo, reflectindo e interrogando sobre o possível significado que os alunos atribuem aos seus próprios saberes.

*"Em síntese, a perspectiva de Ensino Por Mudança Conceptual ao valorizar a estrutura cognitiva do aluno pretendeu levar ao abandono definitivo de um ensino baseado na transmissão de conteúdos - informação - fazendo emergir os conceitos numa lógica de construção do conhecimento pelo aluno". No entanto, "este quadro, em ruptura com uma visão aquisitiva do conhecimento, não deixa de valorizar, de forma quase total, os conceitos e a sua aprendizagem. Diríamos que esta orientação construtivista se pode tornar, para muitos alunos, social e educacionalmente contrária aos objectivos a perseguir, já que as suas dificuldades de aprendizagem, associadas a uma maior exigência conceptual, podem trazer-lhes mais dificuldades ou mesmo insucesso" (Cachapuz, et al., 2001, p. 70 e p. 118).*

Por outro lado, o EMC não responde às actuais exigências da aprendizagem no domínio afectivo, esquecendo-se dos contextos sociais e culturais da construção do conhecimento, supervalorizando o domínio cognitivo.

A uma visão instrumental e academista do Ensino das Ciências opõe-se uma outra mais ligada aos interesses quotidianos e pessoais dos alunos, socialmente e culturalmente situada, e geradora de uma maior motivação.

*"A informação que se procura nasce mais na discussão dos alunos com a ajuda do professor e menos de um processo curricular muito estruturado. Trata-se de transformar e mudar atitudes, bem como processos metodológicos e organizativos de trabalho" (Cachapuz, et al., 2001, p. 118).*

Deste modo, segundo Cachapuz et al., (2001), a discussão dos problemas que nascem na aula de problemáticas muito abertas, com raízes ou incidências sociais fortes fazem emergir uma nova perspectiva de ensino, não



comprometida unicamente com os produtos e processos da reestruturação do saber - EPP.

*"Trata-se de envolver afectiva e cognitivamente os alunos, sem respostas prontas e prévias, sem conduções muito marcadas pela mão do professor, caminhando-se para soluções provisórias, como resposta a problemas reais e sentidos como tal. (...) Numa perspectiva de pós-mudança conceptual se é verdade que os conteúdos valem por si, eles são necessários para a formulação e estudo de problemas, adquirindo pertinência numa visão mais estruturante e holística que explicita múltiplas interligações e interacções, num quadro que não se confina aos conteúdos". "Uma das metodologias de trabalho a requerer cuidados particulares, no que respeita à vertente epistemológica é o Trabalho Experimental. Aqui do que se trata é de desenvolver uma actividade que surge por necessidade de encontrarmos soluções para os problemas com que nos debatemos inicialmente" (Cachapuz, et al., 2001, p. 71 e p. 72).*

Nesta perspectiva a aprendizagem possibilita o desenvolvimento de capacidades, atitudes e valores, conducente com uma ética da responsabilidade e numa orientação para o ensino das ciências cujo objectivo primordial é a compreensão da ciência, da tecnologia e do ambiente, das relações entre umas e outras e das suas implicações na sociedade e, do modo como os conhecimentos sociais se repercutem nos objectos de estudo da ciência e da tecnologia.

Deste modo, *"a voz da ciência conjuga-se com diversas vozes da sociedade. Entretanto, os objectivos mudam radicalmente e persegui-los obriga a mudar as atitudes, a incorporar metodologias de trabalho que não estão contempladas noutras perspectivas do ensino das ciências. Uma tal concepção de aprendizagem apela a metodologias de trabalho mais activas e*

*diversificadas, envolvendo partilha e negociação de significados e de modos de fazer, exigindo reorganização do processo de ensino-aprendizagem e de recursos, de modo a facilitar uma maior autonomia do aluno mas como sujeito de uma comunidade de aprendizagem"* (Cachapuz, et al., 2001, p. 74).

### **2.3 A articulação entre a Matemática e a Física e Química**

Desde cedo que a Matemática constitui um problema para a maioria dos alunos que a encaram com algum receio. Amigos, familiares, meios de comunicação social e até a própria escola são, na opinião de Ramos (2004), factores que condicionam a representação dos alunos sobre a Matemática, a que se junta a experiência individual de cada um.

Estas representações assumem um carácter distinto entre os grupos. Se uns valorizam a Matemática, outros não o fazem; se uns a consideram difícil, outros não. Cada um constrói a sua representação social, através da partilha com outros elementos, baseada em aspectos como o valor, a dificuldade, a utilidade ou o interesse.

Para os Encarregados de Educação, é sobretudo em Matemática, a par da Língua Portuguesa, que se devem obter bons resultados, e é essa imagem que é transmitida aos seus educandos. A valorização da disciplina de matemática, no caso dos alunos, parece, por outro lado, ser maior naqueles que demonstram mais conhecimentos matemáticos (Ramos, 2004).

No início do 3º Ciclo do Ensino Básico, os alunos tomam contacto com a disciplina de Ciências Físico-Químicas que, em geral, lhes desperta a curiosidade e os incentivos para o estudo das Ciências, até ao momento em que se apercebem que, para a compreensão de determinados conceitos dessa disciplina, é necessário o conhecimento matemático. Os próprios professores

da disciplina consideram certos conceitos matemáticos como um pré-requisito para as suas aulas (Woolnough, 1997), quer a nível do Ensino Básico ou Secundário, quer ao nível do Ensino Superior, nomeadamente em cursos relacionados com a Matemática, Ciências e Engenharia (Orton e Roper, 2000).

A História aponta-nos personagens como Isaac Newton e Galileu, génios que se dedicaram simultaneamente à Matemática e à Física, entre outras áreas. Apesar desta ligação histórica, a relação entre a Matemática e as Ciências parece, todavia, ter vindo a enfraquecer, ao nível educacional.

Na opinião de Ogunsola-Bandele (1996), se a Matemática e a Física estão tão próximas uma da outra, a grande preocupação deve passar pela definição de um currículo que reconheça essa mesma relação, ao mesmo tempo que ajuda os alunos a relacionar os conceitos aprendidos na Física e na Matemática, com experiências que ocorrem no quotidiano.

A dificuldade de muitos alunos passa, em certas situações, pela utilização de conceitos comuns, abordados e aplicados de forma diferente nestas duas disciplinas. Poynter e Tall (2005) apresentam, como exemplo, o conceito de vector que é relacionado com os conceitos de movimento em Física e Química, ao passo que na disciplina de Matemática é utilizado no conceito de translação. O estudo feito por estes autores revela que o facto de haver distinções no significado deste conceito, mediante o contexto em que é aplicado, afecta o modo como os alunos assimilam. O conhecimento torna-se assim fragmentado a ponto de os alunos não conseguirem utilizar os seus conhecimentos matemáticos e físicos em simultâneo. Os alunos conhecem os fenómenos que lhes são apresentados e em termos matemáticos conseguem resolver equações e outros problemas, no entanto, parecem não conseguir conciliar as duas áreas de conhecimento.

Os alunos, perante a Segunda Lei de Newton, escrita sob a forma da equação matemática  $F = m a$ , utilizam os seus conhecimentos matemáticos para resolver a equação em ordem à variável pretendida, sem contudo compreenderem o verdadeiro significado físico da mesma (Woolnough, 1997).

A articulação entre as Ciências e a Matemática está também prevista no Currículo Nacional do Ensino Básico. Aqui é referido que os alunos devem desenvolver no seu percurso ao longo da educação básica a competência de *"usar a matemática, em combinação com outros saberes, na compreensão de situações da realidade"* (DEB, 2001, p. 57).

Actualmente, os físicos e os químicos sabem, contudo, que a importância da Matemática está para além das medições e que estas disciplinas não se podem separar, mesmo que existam pessoas que não apreciem a Matemática (Fiolhais, 2006).

Num estudo realizado por Orton e Roper (2000), foi, de facto, evidenciado que não se verifica uma relação de dependência curricular entre a Matemática e as Ciências, como seria de esperar. Isso poderá decisivamente contribuir para a grande dificuldade dos alunos na transferência dos conhecimentos matemáticos e sua consequente aplicação, por exemplo em situações relacionadas com a Física. Os alunos consideram estes conhecimentos estanques, aplicáveis unicamente nas aulas de matemática. A maior dificuldade parece ser a de os alunos compreenderem que as duas disciplinas estão interligadas. A falta de articulação entre os grupos disciplinares e os professores das duas disciplinas em nada contribui para colmatar esta lacuna. Porém é importante fazer compreender que a Física não é um ramo da Matemática e não se resume à resolução de equações matemáticas. A Matemática serve, e é fundamental fazer ver aos alunos, como

ferramenta de apoio importante na compreensão e interpretação de fenómenos físicos (Woolnough, 1997).

Na Matemática os gráficos elaborados a partir de situações do quotidiano são caracterizados por eixos onde se identificam apenas as letras  $x$  e  $y$ , não havendo, em geral, referência às unidades. Gráficos, elaborados no âmbito da Física, como os que se relacionam com o movimento dos corpos, são caracterizados por outras letras como  $v$  e  $t$  (referindo, respectivamente, a velocidade e o tempo), fazendo-se neste caso referência às unidades.

Na resolução de uma equação em Matemática em que é processada em ordem a uma variável, muitas vezes, não tem qualquer significado. Em Física, a mesma equação assume um significado diferente. É o caso da determinação da velocidade de um corpo, onde o aluno conhece o significado físico de cada uma das variáveis que lhe são apresentadas.

Algumas das dificuldades que os alunos portugueses dizem sentir na aprendizagem da disciplina de Ciências Físico-Químicas, quer no Ensino Básico quer no Ensino Secundário, apontam para a natureza teórica do ensino, a falta de aplicações práticas relacionadas com o dia-a-dia e a utilização da Matemática em demasia (Martins *et al.*, 2005). A influência dos conhecimentos matemáticos, bem como o deficiente domínio da Língua Portuguesa, foram, aliás, dois aspectos mais salientes que os professores apontaram para a existência de dificuldades da disciplina (Martins *et al.*, 2005).

Por outro lado, num estudo efectuado por Neto (1998), a alunos do 10º ano inquiridos referiram que um dos aspectos que tornam a disciplina de Física mais acessível que a de Matemática é, a par da sua organização, o facto de esta se encontrar mais ligada à vida real. A utilização dos conhecimentos matemáticos e as fórmulas que acompanham alguns dos conceitos físicos, foram os motivos apontados para as dificuldades que sentem na disciplina e

também, a falta de articulação entre os programas de Matemática e os de Física e Química. A aprendizagem em Matemática seria facilitada, e mais motivadora, se os conceitos fossem explicitados em situações concretas, como aquelas que a Física proporciona.

Segundo Lopes (2004) a relação entre a Física e a Matemática deve ser progressiva, a explicação física das situações deve ser feita até que ela seja completamente compreendida. Assim que esteja assegurado, a situação física que se está a estudar, deve ser aperfeiçoada e pensada com a introdução progressiva de linguagem matemática. A tentação de fazer o contrário é grande.

## **2.4 Os modelos Matemáticos e o ensino da Física e Química**

Um modelo matemático de uma situação problemática real constitui uma representação matemática dessa situação (uma dada experiência concreta, ideia, objecto ou fenómeno).

Esta representação é concretizada com objectos, relações e estruturas Matemáticas (tais como tabelas, relações funcionais, gráficos, figuras geométricas, etc.).

Em geral a construção de um modelo inclui o uso de variáveis e relações entre essas variáveis, muitas vezes um modelo matemático é concretizado através de funções.

Com o modelo matemático procura-se descrever aquilo que é considerado como fundamental na situação e ignoram-se deliberadamente os elementos tidos como secundários.

É típico dos bons modelos a tendência para não haver demasiadas simplificações mas sim para tornar preponderantes os aspectos fundamentais da situação (Matos *et al.*, 1993).

Quando se analisa o desenvolvimento ou evolução dos modelos matemáticos, durante o processo de modelação, torna-se importante compreender os processos cognitivos presentes nesse processo (Ponte, 1992).

Lesh (1990) é um dos defensores da ideia de que, para cada modelo, existem versões externas e internas. O modelo interno corresponderia aos significados que a situação real tem para o indivíduo. Os modelos externos estão fortemente ligados aos diversos sistemas de representação disponíveis (tais como uma dada linguagem, os símbolos escritos, os diagramas, etc.) e estes podem aumentar a potência dos modelos, diminuindo a sobrecarga (e as dificuldades) ao nível dos processos operativos e da memória (Janvier, 1987).

Naturalmente que todo o processo de construção do modelo matemático envolve a intervenção de múltiplos modelos conceptuais, que evoluirão de acordo com o sentido da progressiva adequação do modelo matemático à situação.

Aquilo que constitui o motor do desenvolvimento do modelo matemático é a necessidade de resolver as discrepâncias entre os resultados obtidos através desse modelo e a situação problemática real (Lesh, 1990).

Em meados dos anos setenta, Griffiths e Howson (1974) apontavam um conjunto de razões para que a introdução de aplicações no ensino da Matemática devesse ser assegurada. A principal era a preparação dos alunos para uma melhor inserção na Sociedade, já que se argumentava que todos os cidadãos viriam a ser solicitados a resolver problemas, fazer estimativas, tomar decisões, etc.

Os alunos que não manifestassem interesse pela Matemática poderiam ser persuadidos a aprender matemática se esta fosse vista como uma ferramenta para a resolução de problemas práticos que pudessem ser mais apelativos.

Algumas aplicações da Matemática (como por exemplo a mecânica newtoniana) fazem parte de uma herança cultural da sociedade e esse facto justificaria por si mesmo o estudo das aplicações.

A forma como a Matemática é por vezes utilizada nas aulas de Física mostra que existe a possibilidade de os alunos adquirirem noções grosseiras e incorrectas (com tendência para a memorização de fórmulas que não são compreendidas). Poderá esperar-se que os alunos melhorem a sua compreensão da Matemática envolvida em tópicos de Física ou Biologia se tiverem oportunidade de as analisar nas aulas de Matemática.

Conhecer um conjunto de axiomas é algo completamente distinto de reconhecer uma estrutura matemática em situações da Física, da Química, ou mesmo da própria Matemática. Por isso, é aconselhável que os alunos, tenham oportunidades de identificar estruturas matemáticas numa variedade de situações. Neste sentido, as propostas pedagógicas deverão contemplar a construção de modelos matemáticos para a resolução de problemas concretas.

Blum e Niss (1991) identificaram nos documentos de orientação sobre educação matemática argumentos que advogam a inclusão das aplicações nas actividades curriculares em Matemática.

As aplicações de Matemática e a modelação podem ser encaradas como um dos meios adequados para conseguir o desenvolvimento de competências gerais nos alunos, na medida em que permitiriam estimular o interesse pela descoberta, a criatividade e a confiança nas suas próprias capacidades e recursos. Além disso, tornariam oportuno o uso de estratégias, heurísticas e



técnicas poderosas. Neste sentido, as actividades curriculares deverão integrar e dar destaque às relações entre aspectos da realidade e os conceitos e métodos matemáticos.

Numa sociedade cada vez mais matematizada (através da utilização de modelos matemáticos em todas as esferas de actividades), torna-se premente desenvolver nos alunos a competência crítica que lhes permitirá uma intervenção na sociedade como cidadãos activos e esclarecidos. As ligações entre a vida real e a Matemática originam matéria de reflexão, levando a uma maior consciência do lugar e do papel da Matemática na sociedade (Matos *et al.*, 1993).

A competência crítica poderá aqui ser entendida como a capacidade de reconhecer, compreender, analisar e avaliar exemplos actuais do uso da matemática, incluindo a sua contribuição para a resolução de problemas relevantes na Sociedade.

A capacidade para activar conhecimentos matemáticos em situações reais não decorre automaticamente da aquisição de conhecimentos matemáticos, mas está relacionada com um certo grau de preparação e prática. É neste sentido que o argumento de que o ensino da matemática deve proporcionar aos alunos experiências de aplicação e modelação numa variedade de contextos em que a Matemática pode revelar-se insubstituível.

A educação matemática tem um conjunto de objectivos nos quais se inclui o de contribuir para o desenvolvimento nos alunos de uma visão multifacetada da matemática, quer como ciência, quer como actividade cultural e social. A atribuição de um espaço curricular às aplicações e modelação poderia ser uma forma de contemplar uma componente essencial do processo de criação matemática (tal como sucede com a resolução de problemas).

As aplicações e a modelação matemática podem contribuir para ajudar os alunos a adquirir e interiorizar conceitos e métodos matemáticos. Pode igualmente constituir uma forma de motivar os alunos para o estudo da Matemática, tornando muitas ideias matemáticas mais significativas através de situações interessantes em que estas possam ser exploradas. Do ponto de vista de aprendizagem, é também reconhecido que alguns temas tendem a adquirir uma maior consistência, quando são inseridos em contextos de aplicação.

A comparação entre os processos de resolução de problemas habituais no ensino da Matemática e de problemas emergentes de situações da vida real, parece apontar para a ideia de que poderá haver diferenças assinaláveis no tipo de competências necessárias ao seu tratamento (Blum e Niss, 1991).

O currículo de Matemática divide-se em duas partes: numa primeira parte é ensinado apenas Matemática e na segunda parte aborda-se diversos exemplos de aplicação onde se utiliza a Matemática anteriormente trabalhada.

O programa de Matemática é organizado em diversas unidades, cada uma delas divididas nas duas vertentes referidas anteriormente. A abordagem dos temas de Matemática é feita através de actividades de aplicação (baseadas nos conhecimentos adquiridos). São frequentemente evocados aspectos de aplicação e modelação matemática como forma de auxiliar a introdução de conceitos matemáticos. O mesmo acontece no sentido inverso, isto é, novos conceitos, métodos e resultados matemáticos podem ser actividades para as actividades de aplicação e modelação. Os temas matemáticos são em geral trabalhados previamente.

Os problemas propostos (estritamente matemáticos ou aplicados) surgem antes dos conteúdos matemáticos neles envolvidos, sendo os conceitos

identificados e desenvolvidos subsequentemente. Estes problemas deverão permitir chegar aos objectivos e aos temas definidos no currículo.

Procura-se uma total integração de actividades matemáticas e extra-matemáticas. O espaço curricular é interdisciplinar e o ensino das várias matérias é completamente integrado.

Segundo Matos *et al.* (1993), os obstáculos e dificuldades inerentes à realização pedagógica de experiências de modelação e resolução de problemas aplicados, não são, de um modo geral, menos significativos do que os argumentos a favor da sua introdução. Do ponto de vista do ensino, a dificuldade mais importante parece ser o receio de um grande consumo de tempo em actividades de aplicação e modelação. Do ponto de vista do aluno, há igualmente indícios de que a resolução de problemas e as actividades de modelação tenderão a tornar as aulas de Matemática mais exigentes e menos previsíveis do que as propostas tradicionais.

Pode existir nos alunos um maior apreço por tarefas rotineiras (eventualmente mais facilmente desempenhadas) seguindo um conjunto de regras e permitindo melhor classificação através de instrumentos de avaliação tradicionais.

Do ponto de vista do professor, a resolução de problemas aplicados e as relações entre a Matemática e outros assuntos tornam o ensino mais aberto e desafiador. A introdução de actividades mais abertas aumenta as dificuldades do professor na avaliação do trabalho dos alunos. Além disso, muitos professores não se sentem à vontade para tratarem problemas de aplicação relacionados com outras áreas que eles próprios não aprofundaram.

É comum usar como argumento de que para ensinar Física é preciso um requisito prévio: saber Matemática. De fato, em muitas situações, os fenómenos físicos são ensinados a partir de fórmulas.

Ainda hoje, no estudo dos movimentos, há um excesso de atenção às questões da engenharia. Provavelmente, cada professor já estudou a lei da acção e reacção de Newton e, portanto, teve de resolver problemas neste contexto.

Estes problemas eram distantes da realidade do professor quando estudante, também o é, hoje, do quotidiano dos nossos alunos. Continuar com esta prática pedagógica contribui para uma ideia distorcida da disciplina.

Nos problemas de Física é preciso discutir os modelos. Quando se estuda o lançamento de projecteis, conteúdo específico de movimentos, diz-se que sua trajectória é uma parábola e considera-se que o movimento na horizontal é Movimento Rectilíneo e Uniforme (MRU), que traz implícita a ideia de Terra plana.

Na vertical, considera-se o Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV), o que significa considerar que o Peso é constante, por se aceitar a aceleração da gravidade como constante. Este modelo também despreza a influência da Força de Resistência do ar. No entanto, somente é valido pelas ideias nele implícitas; isto é, Força de Resistência do ar nula, a Terra plana e o Peso constante.

O modelo em questão é válido porque para altitudes menores que 6500km (valor próximo do raio da Terra) o Peso pode ser considerada constante e porque, na linha do horizonte de nossa visão, a Terra se apresenta como se fosse plana. A Força de Resistência pode ser desprezada porque, nesse caso, a velocidade é considerada pequena. Então, o modelo pode ser usado, mas deve-se discutir com os alunos suas considerações, que não são válidas para todo movimento de projectil.

Para que o estudante tenha uma visão mais abrangente do universo, é preciso indicar-lhe que as fórmulas matemáticas representam modelos, os

quais são elaborações humanas criadas para entender determinado fenómeno ou evento físico. Esses modelos são válidos para alguns contextos, não para todos, apresentam limitações em termos de aplicação prática. Eles abrangem uma região e têm um prazo de validade que termina quando a teoria não consegue explicar factos novos que podem surgir.

Um determinado conceito pode ser formulado de diferentes formas dependendo do quadro conceitual do qual ele faz parte ou do fenómeno apresentado pelo conceito que se quer estudar.

O conhecimento físico está estruturado em torno de conceitos, leis, teorias, convenções aceites pela comunidade científica, na maioria das vezes expresso por modelos matemáticos, os quais possibilitam a expressão das ideias científicas em linguagem universal. No entanto, a Matemática *"está presente na actividade científica tanto no seu processo quanto no seu produto, seja na definição de um conceito, seja na articulação entre os elementos de uma teoria científica. Entretanto, a aparente simplicidade da estruturação do conhecimento científico pode transmitir a impressão de que os modelos matemáticos são meros mecanismos de quantificação de grandezas físicas"* (Pinheiro *et al.*, 2005, p. 36).

Ao usar um modelo, é preciso propiciar aos estudantes condições para que contemplem a beleza, a elegância das teorias físicas. Ao estudar gravitação sob o modelo de Newton, em que a força varia com o inverso do quadrado da distância entre dois corpos, numa equação que considera a massa, o aluno dever perceber não apenas uma equação matemática, em que basta colocar alguns dados para obter uma resposta, mas um resultado que sintetize uma concepção de espaço, matéria e movimento, desde que o ser homem se interessou, movido pela necessidade ou pela curiosidade, pelo estudo dos movimentos até a sistematização realizada por Newton.

Sabe-se da importância da linguagem Matemática na Física, mas os modelos criados quase sempre são escritos pelos cientistas para seus pares.

Segundo Lopes (2004) a linguagem a utilizar no ensino e aprendizagem de Física deve ser a natural, a gráfica e a matemática. A linguagem gráfica tem sido menosprezada e a linguagem matemática sobre-valorizada. É necessário reequilibrar a utilização destes três tipos de linguagem. Cada linguagem não é independente das restantes. Mas há aspectos que só ficam bem evidenciados num certo tipo de linguagem devido às características intrínsecas de cada uma. Por conseguinte, uma das tarefas é verter enunciados de uma linguagem para a outra. Desta forma, fica-se de posse das características próprias de cada linguagem e ao mesmo tempo é possível que se aproprie uma maior gama de especialidades de um campo conceptual. Outro aspecto importante na utilização de cada linguagem é a variação dos seus níveis de precisão e de generalidades, enfatizando o nível que se adapte melhor aos alunos e às intenções do currículo. Deve-se de início considerar o uso de uma linguagem qualitativa não muito precisa.



## Capítulo 3

---





## **CAPÍTULO 3 – Metodologia**

### **3.1 Introdução**

Este capítulo debruça-se sobre a descrição e justificação da metodologia utilizada no decurso da investigação desenvolvida. Desse modo faz-se uma descrição sumária do estudo realizado assim como a sua planificação e as diferentes finalidades.

### **3.2 Descrição do estudo**

A metodologia de qualquer estudo de investigação deve ser definida com base nas questões que se pretendem investigar, na medida em que são estas que determinam o quadro conceptual e a metodologia a seguir. Desta forma, a investigação pode adquirir um cariz quantitativo, qualitativo ou ainda a conjugação de ambos.

Segundo Rocha (1999), o investigador que se coloca na perspectiva quantitativa valoriza mais os resultados que os processos, acredita na objectividade da avaliação e coloca-se fora da subjectividade dos fenómenos educativos valorizando mais o carácter estável do que dinâmico da realidade educativa. Por sua vez, um investigador que recorre à investigação qualitativa considera a educação sempre ligada a valores, problematiza a objectividade, valoriza mais os processos do que os resultados e mais o carácter dinâmico e subjectivo da realidade educativa.

Ora, embora o paradigma qualitativo esteja a ser mais utilizado do que o quantitativo, um grande número de autores chama a atenção para as vantagens que se podem obter com a combinação de métodos vindo dos dois paradigmas

(Fragoso, 2000). No nosso estudo foi utilizada a técnica de inquérito por questionário, mais utilizada nos estudos quantitativos.

Assim, com o intuito de satisfazer os objectivos desta investigação e obter resposta à questão de estudo, expressa no capítulo 1, organizou-se e concretizou-se um estudo de caso, inserido no paradigma quantitativo e qualitativo, aplicado a professores de Matemática e de Física e Química.

Este estudo foi planificado de modo a possuir duas fases distintas de acordo com as diferentes finalidades: numa primeira fase foram realizadas actividades experimentais onde se fez a modulação entre a linguagem Matemática e a linguagem Física num estudo concreto do Movimento Harmónico Simples (M.H.S.). Por seu lado, nesta 1ª fase funcionou para a professora investigadora, que é professora de Matemática, como um estudo exploratório e visava essencialmente avaliar as actividades criadas quanto à sua aplicabilidade, legibilidade e relevância informativa.

Numa segunda fase, foi realizada uma "Oficina de Reflexão" destinada a professores destas duas disciplinas. No final desta oficina foi aplicado um questionário de opinião a fim de alcançar os objectivos deste estudo. Pretendia-se aferir a opinião destes no que concerne às dificuldades que sentiram, às vantagens que encontraram e ao modo como vivenciaram esta experiência de ensino.

Com este estudo, pretende-se fazer uma descrição, tão completa quanto possível, do caso estudado e, a partir desta, formular interpretações e significados acerca da realidade estudada que sustentem as conclusões e implicações do estudo (Pardal e Correia, 1995; Carmo e Ferreira, 1998).

Para Bell (2004), o método de estudo de caso é o mais adequado para investigadores isolados, uma vez que possibilita o estudo de determinado aspecto em tempo reduzido.

Tendo em conta o referido, pareceu-nos esta metodologia mais adequada à nossa investigação, na qual a professora investigadora assumiu o papel de investigadora participante, dinamizadora e aprendiz. Como a professora investigadora é professora de Matemática e preocupada com a articulação entre as áreas de saber que são referidas neste estudo, teve que desenvolver conhecimento e competências para poder partilhar com os participantes neste estudo a sua experiência quando fez o estudo exploratório para esta investigação.



## Capítulo 4

---



## CAPÍTULO 4 Fundamentação teórica à actividade experimental

### 4.1 Introdução

É frequente associar-se a origem da trigonometria à resolução utilitária de algumas situações de medição de terrenos, de altitudes de lugares inacessíveis, de larguras de rios ou à determinação de certas medidas sobre a superfície da terra. No entanto, e muito para além disso, a trigonometria foi também, desde sempre, a primeira ferramenta para a exploração do espaço pelo ser humano, nessa irresistível e fascinante aventura que se desenrola, ainda, nos nossos dias (Jorge *et al.*, 2005).

A trigonometria, que começou por ser uma espécie de arte de conhecer os elementos desconhecidos de um triângulo, veio posteriormente abrir caminho a ambiciosas investigações no âmbito dos levantamentos topográficos. Estes trabalhos, que recorriam à construção de variadíssimas redes de triângulos - triangulações - assumiram o seu grande desenvolvimento no século XIX, em que ficaram registadas para a História, as grandes expedições que, com o auxílio de instrumentos topográficos adequados - teodolitos - conseguiram elaborar o levantamento topográfico da Índia e a medição da altitude do pico mais alto do Planeta, situado nos Himalaias. Foi Sir George Everest que chefiou a equipa que, em 1856, com uma aproximação notável, fixou em 29002 pés (1 pé é uma medida de comprimento, vale cerca de 30,48 centímetros) a altitude do monte ao qual viria a ser dado o seu nome.

Ao longo da sua evolução, a Humanidade deu já grandes passos recorrendo à trigonometria e, na interpretação do real, continua a ser decisivo este ramo do conhecimento matemático. A propagação de uma onda na água, ou das ondas sonoras, ou a corrente alternada, ou a teoria ondulatória da luz, ou o



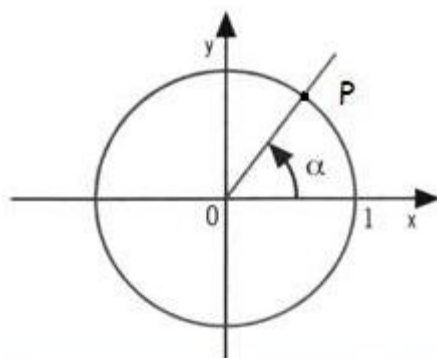
movimento de um corpo suspenso por uma mola são interpretados e estudados com recurso aos conceitos trigonométricos elementares.

Tendo em conta tudo o que foi acima referido ir-se-á abordar a função trigonométrica seno, fazendo referência às suas características através da representação gráfica, comparando com os parâmetros usados na disciplina de Físico e Química, quando nesta são leccionados os conteúdos relacionados com a Comunicação a Curta Distância. A função seno e a sua relação com o movimento harmónico simples, fazendo variar os seus parâmetros, registando as alterações no gráfico da função por observação das características da sinusóide. Far-se-á a relação entre os conceitos matemáticos com o movimento harmónico simples, com a mesma direcção e direcções diferentes até se chegar às figuras de Lissajous. A importância destas será na sua aplicação, como ferramenta didáctica, para avaliar a frequência de vogais (emitidas pela voz), usadas nas actividades experimentais.

## **4.2 Teoria conducente à preparação da actividade experimental - A Trigonometria e os Movimentos Harmónicos**

As funções seno e co-seno adquiriram uma importância especial na matemática, a partir do século passado, quando o matemático francês Joseph Fourier, estudando o fenómeno de transferência de energia sob a forma de calor sob diferentes formas, mostrou que qualquer função, sob determinadas hipóteses razoáveis, pode ser obtida como o limite de uma série cujos termos são senos e/ou co-senos. Este facto fundamentou o desenvolvimento de um ramo da matemática, hoje chamado Análise Harmónica (Zemansky, 1980).

Antes de falarmos da função  $\sin(\alpha)$  (lê-se seno de um ângulo  $\alpha$ ) deve-se fazer referência ao círculo trigonométrico, que é um referencial para ângulos e arcos e, que é constituído por um referencial cartesiano ortonormado e um círculo de centro na origem e raio unitário, como se mostra na Figura 4.01.



**Figura 4.01** - Círculo trigonométrico

No círculo trigonométrico, como se indica na Figura 4.01, todos os ângulos têm origem no semieixo positivo  $Ox$ . Para representar um ângulo basta desenhar a semi-recta extremidade do ângulo.

No círculo trigonométrico todos os arcos têm origem no ponto de coordenadas  $(1,0)$ . Para representar um arco basta definir, na circunferência do referencial, o ponto extremidade do arco,  $P(x,y)$ .

Convencionou-se que, no círculo trigonométrico:

- o lado origem dos ângulos é o semieixo positivo  $Ox$ ;
- o ponto origem dos arcos é sempre o ponto de coordenadas  $(1,0)$ ;
- o seno do ângulo  $\alpha$  identifica-se com a ordenada do ponto  $P$ , dada por  $y$ ;
- o co-seno do ângulo  $\alpha$  identifica-se com a abcissa do ponto  $P$ , dada por  $x$ ;
- o eixo  $Oy$  toma a designação de eixo dos senos.

## Função seno

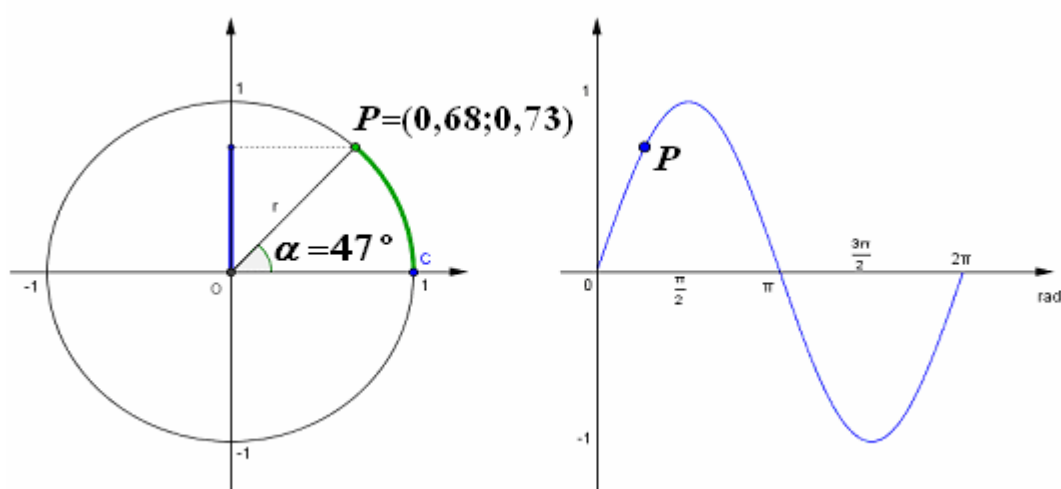
Façamos a construção experimental do gráfico da função seno.

Esta função está definida

$$\begin{aligned} f: \mathbb{R} &\rightarrow \mathbb{R}; \\ \alpha &\rightarrow \sin(\alpha) \end{aligned} \quad (4.01)$$

Para cada valor de  $\alpha \in [0; 2\pi]$ ,  $y = \sin(\alpha)$  representa a ordenada do ponto  $P$  do círculo trigonométrico e, este facto, vai permitir construir o ponto  $P[x, \sin(\alpha)]$ , em que  $x = \cos(\alpha)$ .

Se fizermos corresponder a cada número real marcado no eixo das abcissas do círculo trigonométrico como se indica na Figura 4.02, o valor do seu seno, obtemos o gráfico da função seno no intervalo  $[0; 2\pi]$ .



**Figura 4.02** - Função seno no intervalo  $\alpha \in [0; 2\pi]$

Como se mostra na Figura 4.02, o ponto  $P$  é determinado quando o ângulo mede  $47^\circ$  e este considerado no primeiro quadrante.

Como o período da função é  $2\pi$ , conclui-se que  $\text{sen}(\alpha + 2\pi) = \text{sen} \alpha$  para todo o  $\alpha \in \mathbb{R}$  o que nos permite representar a curva em qualquer intervalo.

A curva que representa a função seno chama-se uma sinusóide e transmite, por si só, a imagem de um comportamento periódico.

A ideia de periodicidade está impregnada em inúmeros fenómenos da vida e do Universo. Comunicações via telefone, fax, satélite ou por meios informáticos, bem como a própria música, assentam na periodicidade das ondas de vários tipo que são emitidas. As frequências das ondas magnéticas, electromagnéticas, sonoras e luminosas são estudadas a partir de modelos matemáticos - as funções periódicas.

Um movimento harmónico simples, cuja abreviatura é MHS, consiste numa forma de movimento periódico no qual um ponto, ou um corpo, oscila ao longo de uma linha recta em torno de um ponto central, de tal forma que percorre uma distância igual para cada lado do ponto central e a sua aceleração ao ponto central é directamente proporcional à sua distância a esse ponto.

O MHS apresenta uma dependência temporal sinusoidal, seguindo um padrão da curva de uma função seno ou co-seno.

Quando uma partícula oscila entre dois pontos descrevendo um movimento de vaivém, o movimento diz-se oscilatório. São exemplos deste tipo de movimentos: a corda de uma guitarra, o pêndulo de um relógio e uma massa suspensa por uma mola.

Se as oscilações são constantes no tempo, o movimento diz-se harmónico simples (MHS). Este tipo de movimento resulta de perturbações periódicas produzidas quando a fonte emite sinais sinusoidais ou harmónicos.

Os fenómenos ondulatórios podem ser descritos por várias funções matemáticas; no entanto, são as funções periódicas seno ou co-seno as que mais facilmente e melhor descrevem os movimentos periódicos.

As funções periódicas constituem importantes modelos do que se passa à nossa volta. Sendo modelos matemáticos abstractos, o seu estudo fica facilitado quando se determina o período. Quando ficam estudadas as características destas funções no intervalo correspondente ao período, é possível conhecer a forma como se comportam em todo o seu domínio.

O afastamento de um ponto ou corpo relativamente à sua posição de equilíbrio chama-se elongação  $y$ , a medida máxima que é possível para a elongação é a amplitude  $A$ , sendo uma medida de intensidade do sinal.

Assim a equação da posição de um corpo em movimento harmónico simples é dada por

$$y(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (4.02)$$

com  $A \neq 0$  e  $\omega \neq 0$ , em que  $y(t)$  representa o deslocamento da partícula no tempo  $t$ ,  $A$  a amplitude,  $\omega$  a frequência angular e  $\varphi_0$  a constante de fase ou fase inicial e  $(\omega t + \varphi_0)$  a fase do movimento harmónico simples (ou seja, o argumento da função seno).

A frequência angular  $\omega$  é a taxa de variação temporal de um ângulo. No sistema internacional, SI, é expresso em radianos por segundo. De notar que a sua frequência angular é múltiplo da frequência,  $f$ , que é expressa em hertz ou em ciclos por segundo. A relação matemática entre as duas frequências é dada por

$$\omega = 2\pi f \quad (4.03)$$

A frequência  $f$  é uma grandeza ondulatória que indica o número de oscilações ou ciclos num determinado tempo que está relacionada com o período,  $T$ . O período mede o tempo necessário para uma oscilação.

A relação matemática entre a frequência e o período é

$$f = \frac{1}{T} \quad (4.04)$$

Considere-se que em cada período  $T$ , o argumento da função percorre  $2\pi$  radianos. Assim sendo pode relacionar-se a frequência angular com o período da oscilação através da expressão

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (4.05)$$

As grandezas amplitude,  $A$ , e constante de fase ou fase inicial,  $\varphi_0$ , dependem das condições iniciais do movimento, isto é, da posição e da velocidade no instante  $t = 0$ , enquanto que a frequência angular,  $\omega$ , é um parâmetro constante e intrínseco do oscilador.

Nesta investigação pretende-se estudar equações da família definida por

$$y(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) + B \quad (4.06)$$

com  $\omega t = \frac{\alpha \pi}{180}$  e sendo  $\alpha$  expresso em ( $^\circ$ ).

Fixemos  $\varphi_0 = 0$  e  $B = 0$ . A função (4.06) torna-se numa função do tipo

$$y(t) = A \sin(\omega t) \quad (4.07)$$

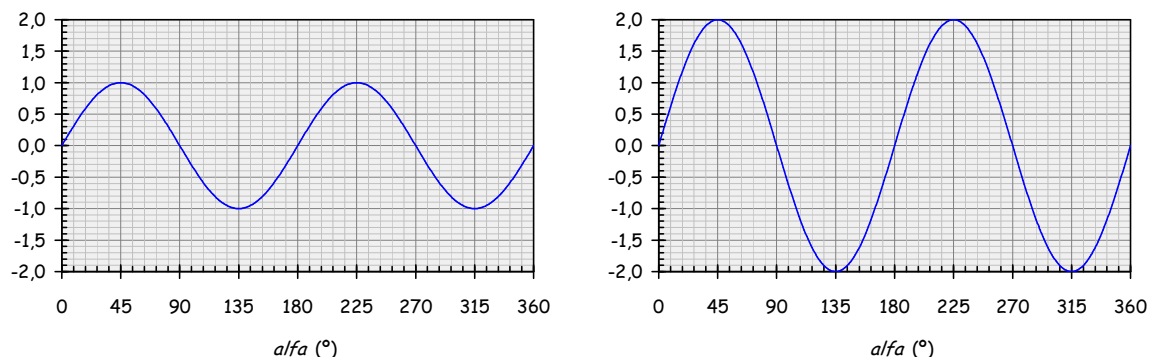
Seja  $A$  um número real positivo, por exemplo,  $A = 2$

A função definida por  $y(t) = 2 \sin(\omega t)$  é comparada com a função  $y(t) = \sin(\omega t)$ .

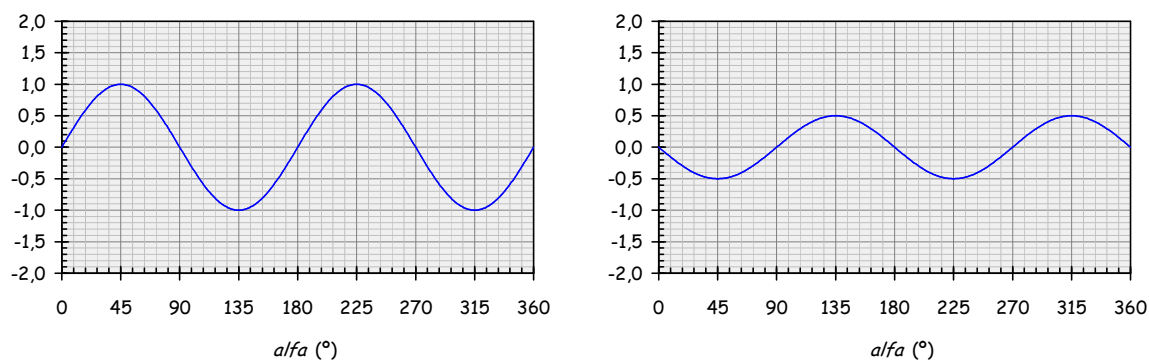
Comparando os dois gráficos da Figura 4.03, vemos que têm zeros comuns, e que a ordenada correspondente à mesma abcissa vem, no segundo exemplo, multiplicada por 2. Neste caso, os extremos são -2 e +2.

Se  $A = -0,5$  vem  $y(t) = -0,5 \sin(\omega t)$ . Na Figura 4.04 são mostradas as duas funções e a observação visual mostra, como era esperado, que

$-0,5\text{sen}(\omega t)$  apresenta um "achatamento" vertical, em relação ao eixo  $Ox$ . O contradomínio da função é  $[-0,5;0,5]$  e os extremos são  $-0,5$  e  $+0,5$ .



**Figura 4.03** - Função  $y(t) = \text{sen}(\omega t)$  e  $y(t) = 2\text{sen}(\omega t)$



**Figura 4.04** - Função  $y(t) = \text{sen}(\omega t)$  e  $y(t) = -0,5\text{sen}(\omega t)$

Considere-se agora a função do tipo

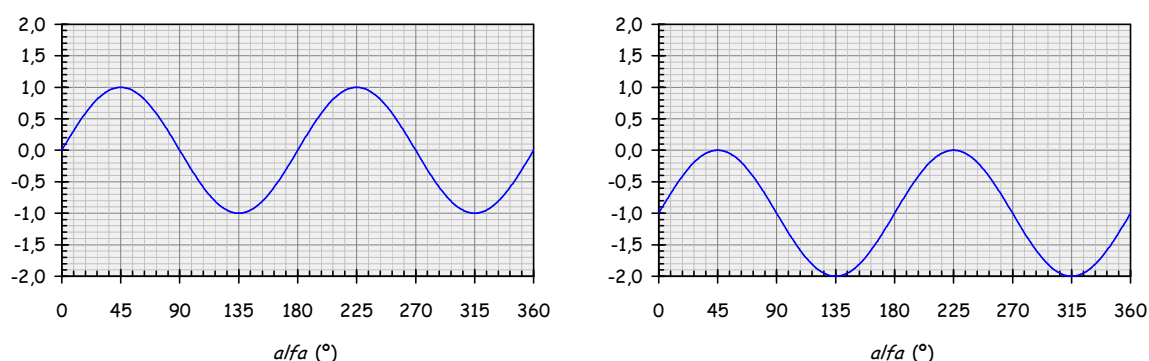
$$y(t) = \text{sen}(\omega t) + B \quad (4.08)$$

Qual será agora o efeito do parâmetro  $B$ ?

Consideremos  $B = -1$ , por exemplo. Neste caso, a função (4.08) toma o aspecto

$$y(t) = \text{sen}(\omega t) - 1 \quad (4.09)$$

A Figura 4.05 mostra a função  $\text{sen}(\omega t)$  e  $\text{sen}(\omega t) - 1$ .



**Figura 4.05** - Função  $y(t) = \text{sen}(\omega t)$  e  $y(t) = \text{sen}(\omega t) - 1$

O gráfico da função definida por,  $y(t) = \text{sen}(\omega t) - 1$ , obtém-se da função seno, definida por  $y(t) = \text{sen}(\omega t)$ , fazendo uma translação de -1. Nestes termos, o gráfico da função resulta de um deslocamento vertical do gráfico do seno. Os zeros não são os da função seno bem como os extremos. Mas são comuns os valores das abscissas para esses valores máximos e mínimos. O contradomínio é agora  $[-2, 0]$ .

Vejamos agora o efeito do parâmetro  $\varphi_0$ , mantendo a frequência angular e a amplitude. Seja, por exemplo,  $\varphi_0 = -\frac{\pi}{4}$  rad.

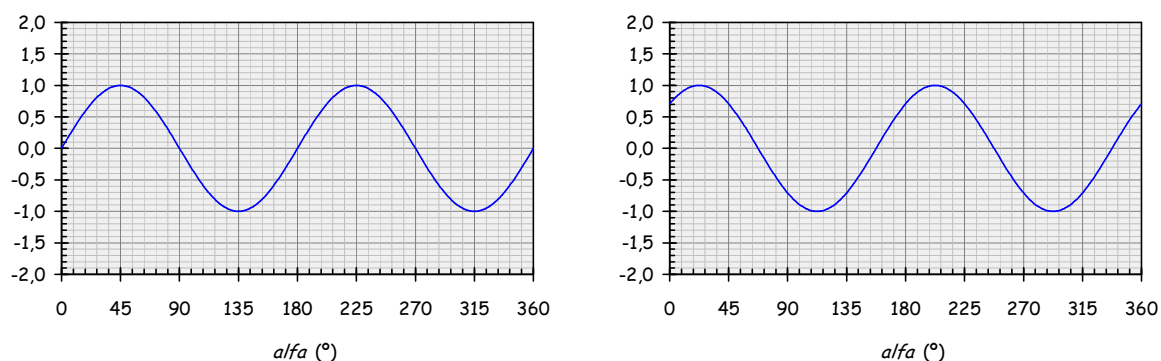
O gráfico da função definida por

$$y(t) = \text{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right) \quad (4.10)$$

obtém-se do gráfico da função definida por  $y(t) = \text{sen}(\omega t)$  através de uma translação na horizontal.

A figura 4.06 mostra as duas funções e a translação de  $\text{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$ .





**Figura 4.06** - Função  $y(t) = \text{sen}(\omega t)$  e  $y(t) = \text{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$

Só os extremos se mantêm e, por consequência, também o contradomínio. Os zeros da nova função são  $-\frac{\pi}{4} + k\pi, k \in \mathbb{Z}$ .

Podemos ainda analisar um outro exemplo em que, numa só função, se associam os efeitos da variação dos diferentes parâmetros mantendo ainda a frequência angular.

Seja, por exemplo, a função definida por

$$y(t) = 1 - 2 \text{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \quad (4.11)$$

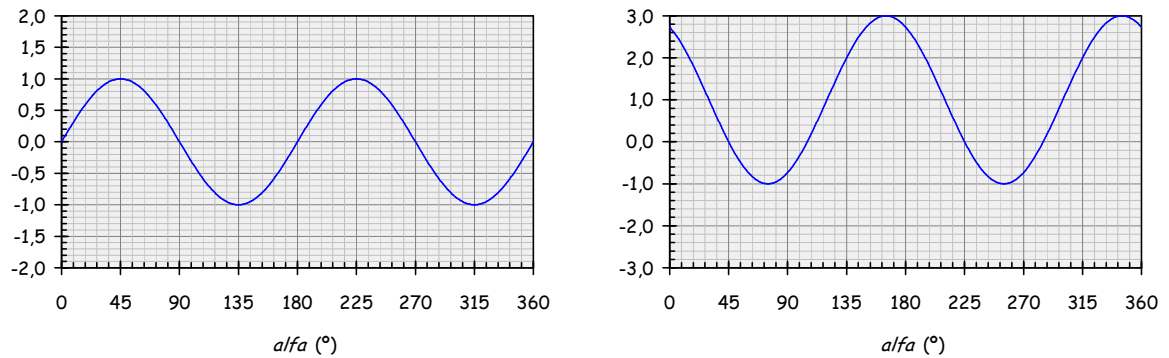
Na Figura 4.07 são mostradas as funções  $\text{sen}(\omega t)$  e  $1 - 2 \text{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$ .

De reparar que o período das funções é  $\pi$  radianos e que a frequência angular é de 2 rad/s.

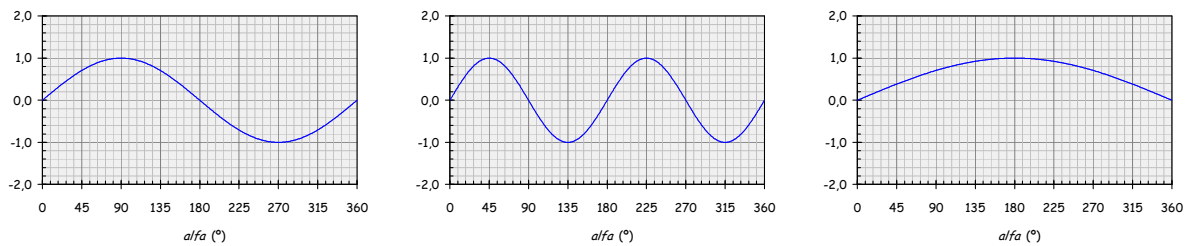
*Que dizer da influência da variação da frequência angular?*

A Figura 4.08 é muito interessante. Nela são indicadas a função  $\text{sen}(\omega t)$  para diferentes situações, quando se considera uma amplitude constante.

A influência da mudança da frequência angular é determinante no valor do período, como se indica na Figura 4.08, sendo o valor determinado por  $\frac{2\pi}{\omega}$ .



**Figura 4.07** - Função  $y(t) = \text{sen}(\omega t)$  e  $y(t) = 1 - 2\text{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$



$$A = 1; \omega = 1 \text{ e } T = 2\pi$$

$$A = 1; \omega = 2 \text{ e } T = \pi$$

$$A = 1; \omega = 0,5 \text{ e } T = 4\pi$$

**Figura 4.08** - Função  $y(t) = \text{sen}(\omega t)$

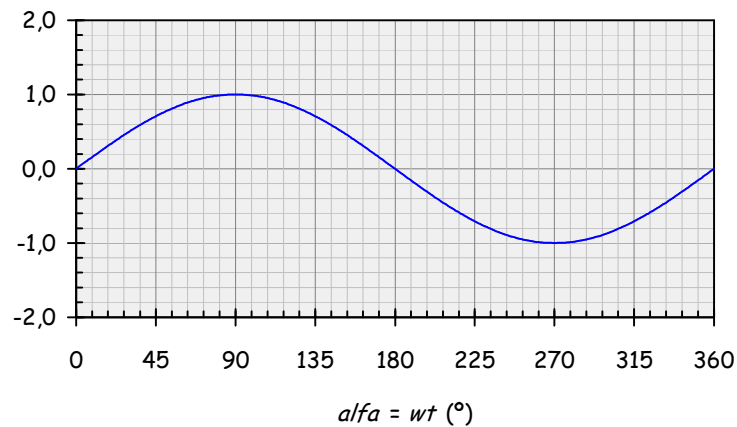
Resumindo, podemos afirmar que a função do tipo

$$y(t) = \text{sen}(\omega t) \quad (4.12)$$

com  $\omega \neq 0$ , tem período  $\frac{2\pi}{\omega}$ .

Podemos interpretar graficamente os efeitos dos parâmetros nas funções do tipo  $y = A \text{sen}(\omega t)$ , com  $\omega > 0$

Quando  $\omega t$  varia de 0 a  $2\pi$ ,  $t$  varia de 0 a  $\frac{2\pi}{\omega}$ . O gráfico da Figura 4.09 corresponde a um período  $2\pi$  da função com uma amplitude unitária.



**Figura 4.09** – Função  $y = \text{sen}(\alpha)$

Podemos agora interpretar graficamente a função

$$y = A \text{sen}(\omega t - \varphi) = A \text{sen}\left[\omega\left(t - \frac{\varphi}{\omega}\right)\right] \quad (4.13)$$

Em que  $\omega$  e  $\varphi$  são números reais,  $\omega > 0$  e  $\varphi > 0$

A função (4.13) terá de amplitude  $|A|$ . Contudo  $\omega t - \varphi$  varia de 0 a  $2\pi$ . Para desenhar o gráfico correspondente a um período podemos começar por calcular

$$\omega t - \varphi = 0 \Leftrightarrow t = \frac{\varphi}{\omega} \quad (4.14)$$

e, em seguida, verificar que ao outro extremo  $2\pi$  corresponde

$$\omega t - \varphi = 2\pi \Leftrightarrow t = \frac{\varphi}{\omega} + \frac{2\pi}{\omega} \quad (4.15)$$

Assim, o gráfico da função (4.13) pode ser obtido a partir do gráfico da função  $y = A \text{sen}(\omega t)$  por operação de diferentes transformações.

**Figuras de Lissajous**

Consideremos a superposição de dois MHS com direcções perpendiculares. A partícula move-se num plano de modo a que as suas coordenadas  $x$  e  $y$  oscilam com MHS. Escolhendo a origem do tempo de maneira a que a fase inicial para o movimento ao longo do eixo do  $x$  seja nula, temos então para a coordenada de  $x$

$$x = A \sin(\omega t) \quad (4.16)$$

e para a coordenada de  $y$

$$y = B \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (4.17)$$

onde  $\varphi_0$  representa a diferença de fase entre as oscilações nas direcções  $x$  e  $y$ .

Supõe-se que as amplitudes  $A$  e  $B$  são diferentes e por isso a trajectória da partícula é limitada pelas linhas  $x = \pm A$  e  $y = \pm B$ .

Considere  $x$  um caso particular em que os dois movimentos estão em fase,  $\varphi_0 = 0$ . Nestes termos, a expressão (4.17) é reescrita

$$y = B \sin(\omega t) \quad (4.18)$$

Através de manipulações matemáticas as expressões (4.16) e (4.18) conduzem a

$$y = (B / A)x \quad (4.19)$$

Se agora considerarmos  $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ , o resultado mostra que os movimentos ao longo dos eixos  $x$  e  $y$  estão em quadratura.

A expressão (4.17) é então reescrita

$$y = B \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (4.20)$$

ou

$$y = B \cos(\omega t) \quad (4.21)$$

Através de manipulações matemáticas as expressões (4.16) e (4.21) permitem escrever

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1 \quad (4.22)$$

em que a expressão (4.22) é a equação de uma elipse. Obtém-se a mesma equação de elipse se  $\varphi_0 = \frac{3\pi}{2}$  ou  $\varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$ , o que equivale a afirmar que a partícula se deslocou no sentido anti-horário (sentido positivo) ou no sentido horário (sentido negativo).

Na expressão (4.22), quando  $A=B$ , ou seja quando as amplitudes são iguais, a elipse transforma-se numa circunferência.

Para diferentes valores de diferença de fase  $\varphi_0 = \delta$ , as trajectórias são diferentes conforme se mostra na Figura 4.10.

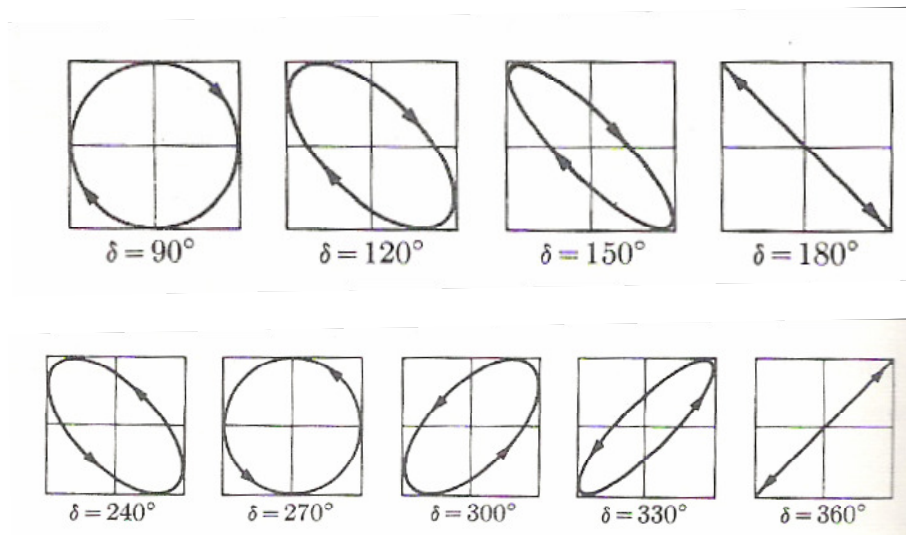


Figura 4.10 - Trajectórias para determinadas diferenças de fase (Alonso e Finn, 1972 ).

## Capítulo 5

---



## **CAPÍTULO 5 Actividades desenvolvidas**

### **5.1 Introdução**

A importância da realização das tarefas de modelação em contexto de sala de aula deriva, em primeiro lugar, da própria natureza da aprendizagem que deve ser feita de forma integrada e contextualizada, assumindo as conexões Matemática, realidade de grande relevo e, em segundo lugar, da própria natureza da Matemática como ciência, com a sua componente experimental.

As actividades de modelação são importantes para o desenvolvimento do pensamento científico, pois o aluno pode experimentar, intuir, conjecturar, testar e avaliar os resultados obtidos e, por isso, devem ser integradas na prática lectiva e nos currículos.

Permitem ainda a partilha de saberes e responsabilidades. Podemos afirmar que as actividades de modelação têm um papel importante e decisivo para atingir finalidades importantes definidas no ensino secundário, para a disciplina de Matemática e Física e Química.

Desenvolver a capacidade de usar a Matemática como instrumento de interpretação e intervenção no real e desenvolver a capacidade de formular e resolver problemas, de comunicar, assim como a memória, o rigor, o espírito crítico e a criatividade em contribuir para uma atitude positiva face à Ciência.

O processo de modelação é habitualmente descrito como um ciclo que consiste basicamente na identificação de uma situação real, na tradução dos aspectos relevantes da situação para um modelo conceptual, na investigação do modelo, na obtenção de novas informações acerca da situação e na tradução destas informações para a situação real, procurando avaliar a adequação e



ajustamento dos resultados à situação real. Esta ideia de ciclo não significa necessariamente que os passos sejam sequenciais e ordenados, pois não deve assumir o papel de um percurso rígido. Na literatura sobre modelação existem vários esquemas que traduzem esta ideia de ciclo da modelação. Por exemplo, Matos *et al.* (1994) dão particular atenção ao ambiente de sala aula e por isso é bastante apropriado para tarefas onde se possa aplicar modelação.

Consoante respeitam a problemas sociais, demográficos, económicos, físicos, biológicos, por exemplo, os fenómenos a observar e a modelar condicionam o tipo de dados e a forma de os recolher.

No caso particular dos fenómenos físicos, apesar de existirem muitas experiências interessantes em que a recolha de dados é feita manualmente, é necessário realçar que a utilização de tecnologia dá a possibilidade de fazer um grande número de recolhas num curto espaço de tempo, o que é fundamental pois, quanto maior for o conjunto de dados obtidos, mais próximo o modelo criado estará da situação real.

Os meios tecnológicos, a par dos materiais manipuláveis e das tarefas desafiantes, podem contribuir de forma decisiva para a criação de ambientes de aprendizagem ricos e motivadores. A sua utilização na actividade matemática, aumentando a destreza no manuseamento dos vários instrumentos, osciloscópio, geradores de sinais, diapasão e microfone, fazem com que os alunos e, também os professores possam desenvolver competências gráficas e algébricas, conceito de variável e sentido crítico em relação aos produtos obtidos, adquirindo autonomia em relação à tecnologia. Também a interpretação física de fenómenos faz conexões entre situações reais e a matemática.

As experiências e as interpretações que se apresentam neste capítulo serão de grande interesse didáctico e pedagógico para o ensino da Matemática

em articulação com a Física e Química. Os instrumentos de medida que serão utilizados e manuseados são instrumentos que existem em qualquer escola mas muitas vezes não são utilizados para a promoção do ensino.

## **5.2 Aparelhos de Medição**

Nas experiências que se realizaram foram utilizados um osciloscópio, dois geradores de sinais, um diapasão, um microfone, uma máquina fotográfica e a voz humana. Para que se possa compreender melhor a realização das experiências vamos proceder à explicação de alguns instrumentos de medida utilizados.

### ***Osciloscópio***

O osciloscópio é um elemento essencial na gama de instrumentos de medida utilizados em laboratórios de electrónica. A função essencial do osciloscópio é a de permitir visualizar a forma de onda ao longo do tempo.

Quando essa visualização se efectua de forma "calibrada", o osciloscópio é igualmente um importante aparelho de medida. Pode medir amplitudes, tempos, frequências, fases, etc. Uma das características importantes do osciloscópio é também a de permitir visualizar simultaneamente dois sinais, permitindo assim a sua comparação em termos de amplitude, frequência, fase, etc.

Durante muitos anos os osciloscópios eram completamente analógicos. Depois apareceram os osciloscópios com memória digital, que permitiam gravar uma parte do sinal em memória e depois visualizá-lo em detalhe. Esta função era particularmente útil para a análise de sinais transitórios. Hoje em dia

existem já muitos osciloscópios completamente digitais. Qualquer um destes tipos de osciloscópios tem funcionalidades idênticas às do antigo osciloscópio analógico.

A medida de frequências pode ser feita de forma directa introduzindo um sinal sinusoidal no canal A do osciloscópio e medindo o período do sinal, calcular a frequência e comparar com o valor marcado no gerador de sinais.

No eixo horizontal do osciloscópio pode-se através das suas divisões determinar o período da onda sinusoidal.

A descrição completa do osciloscópio é feita quando da apresentação das actividades desenvolvidas e que serviram, numa primeira fase desta dissertação, como estudo exploratório.

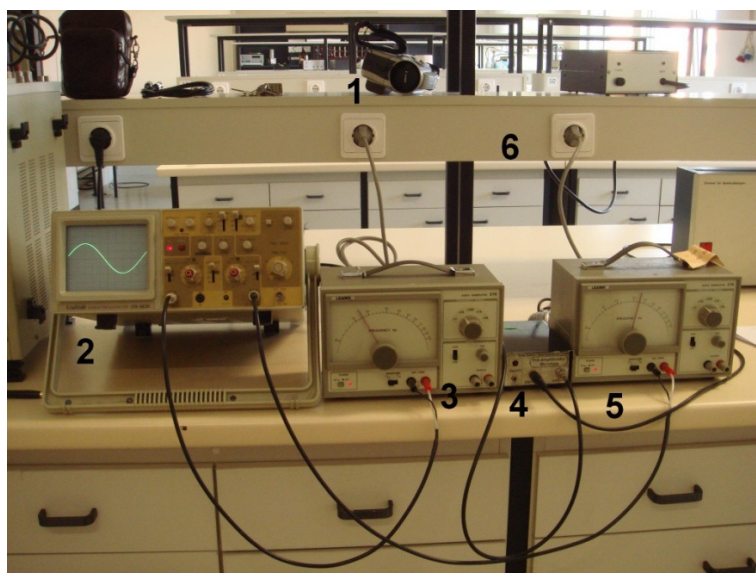
### ***Gerador de sinal***

O gerador de funções ou gerador de sinal é um aparelho que fornece várias funções ou sinais, com uma ampla gama de frequências. Existem muitos modelos de geradores de sinais, no entanto a generalidade deles fornece ondas sinusoidais, ondas quadradas, ondas triangulares, corrente contínua, soma de corrente contínua com os sinais anteriores e uma ampla gama de frequências que podem ir desde zero Hertz (Hz) até aos megahertz (MHz).

O gerador de sinais permite assim alimentar todo um conjunto de circuitos eléctricos que necessitam de frequências diversificadas, desde baixas a elevadas frequências.

### 5.3 Montagem experimental e sua descrição

Para as actividades experimentais realizadas fez-se a montagem como mostra a Figura 5.1.



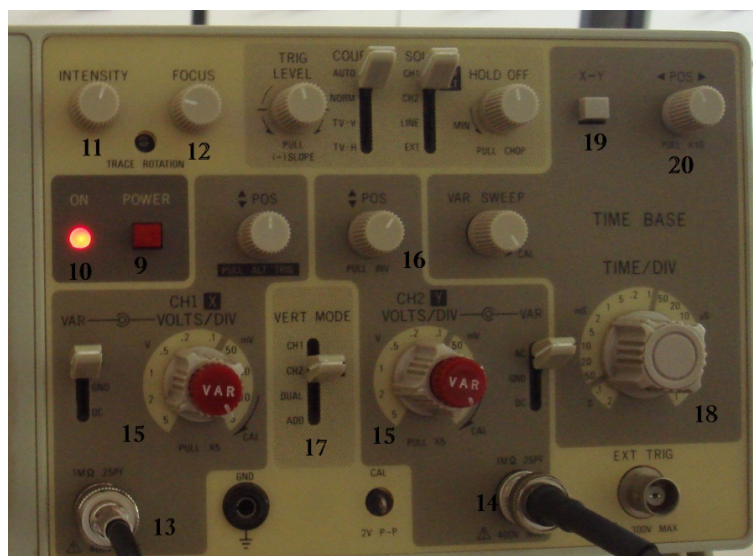
**Figura 5.1** - Esquema da montagem usada

Na Figura 5.1 são indicados os elementos usados, nomeadamente uma câmara de fotografar e filmar (1), um osciloscópio (2), dois geradores de sinais (3,5), um pré-amplificador do microfone (4) e uma bancada de montagem (6) com as respectivas fontes de alimentação.

O osciloscópio conforme se mostra na Figura 5.2 tem, no seu painel frontal um conjunto de botões e comutadores que nos permitem actuar sobre a imagem visualizada no ecrã. Visto que a maioria dos botões e funções são comuns à generalidade dos osciloscópios, vamos apresentar aqui as funções do que foi utilizado.

Na Figura 5.2 o número (9) indica o Interruptor POWER (ligar/desligar) - a corrente é ligada quando o interruptor é premido e desligado quando este é

solto. O número (10) indica a Lâmpada POWER -esta lâmpada acende quando o aparelho é ligado à corrente, estando o interruptor na posição ON.



**Figura 5.2 - Comandos do osciloscópio**

Os números (11) e (12) são comandos FOCUS (de focagem) -uma vez obtido o brilho adequado, ajustando a INTENSIDADE, deve regular-se FOCUS até o traço brilhante ficar o mais nítido possível. O número (13) indica o terminal CH1 INPUT (entrada do canal 1) - terminal para a entrada de um sinal. O sinal de entrada para este terminal passa a ser o sinal do eixo do  $X$  quando o aparelho é utilizado no modo  $X$ - $Y$ . O número (14) indica o terminal CH2 INPUT (entrada do canal 2) - terminal para a entrada de um sinal; quando o aparelho é utilizado no modo  $X$ - $Y$ , esta entrada passa a ser o sinal do eixo do  $Y$ . O número (15) indica o Selector VOLTS/DIV- atenuador, por "degraus", que selecciona o factor de deflexão vertical. Deve rodar-se para uma posição que permita visualizar-se no ecrã toda a amplitude do sinal. Deve multiplicar-se por 10 quando se utiliza uma ponta de prova  $10X$ . O número (16) indica o comando POSITION (Posição) - este botão é utilizado para regular a posição do eixo vertical. A imagem sobe quando se roda este botão para a direita e desce

quando se roda para a esquerda. O número (17) indica o interruptor de selecção MODE (Modo) - é utilizado para seleccionar o modo de operação do sistema de deflexão vertical com CH1 - surge no ecrã o sinal aplicado ao CH1; com CH2- surge no ecrã o sinal aplicado ao CH2. Se a posição for DUAL, os sinais de entrada aplicados ao CH1 e CH2 são ligados e surgem simultaneamente os sinais no ecrã. Se a posição for ADD surge no ecrã a soma algébrica dos sinais de entrada aplicados respectivamente ao CH1 e CH2. O número (18) indica o interruptor de selecção TIME/DIV (Tempo/Divisão) - a gama de tempos de varrimento abrange vários passos em ms (milissegundos) por divisão. O número (19) indica o interruptor que quando pressionado activa o canal X-Y e quando solto desactiva. O número (20) indica o comando POSITION - este botão é utilizado para deslocar o traço brilhante no sentido horizontal. É indispensável para a medição do tempo de forma de onda. O traço brilhante desloca-se para a direita quando o botão é rodado para a direita, desloca-se para a esquerda quando o botão é rodado para a esquerda (Matias, 2004).

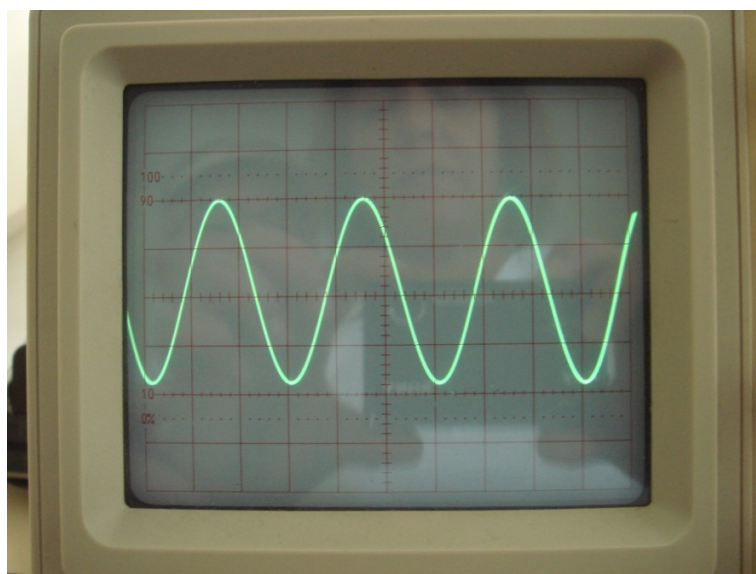
## 5.4 Registos efectuados

O osciloscópio tem no seu painel frontal diferentes botões e comutadores, os quais contribuem para a definição correcta do sinal a visualizar e a medir. O ecrã encontra-se graduado, na horizontal, eixo dos tempos, temos 10 divisões, e na vertical, eixo das tensões, temos 8 divisões.

Visto que a leitura não é directa, é necessário converter as divisões verticais em volts (unidade de diferença de potencial) e as horizontais em segundos (unidade de tempo). Para isso, o osciloscópio tem dois comutadores, um comutador de amplitude do sinal (VOLTS/DIV ou volts por divisão) e outro,

o comutador de base de tempo (TIME/DIV ou tempo por divisão), o qual fazem a respectiva conversão.

Tendo por base a montagem indicada na Figura 5.1 e através da manipulação de comandos do osciloscópio (9, 10, 11, 12 e 13), indicados na Figura 5.2, obteve-se um registo como se mostra na Figura 5.3, que representa uma onda sinusoidal produzida por um gerador de sinal ligado ao CH1.

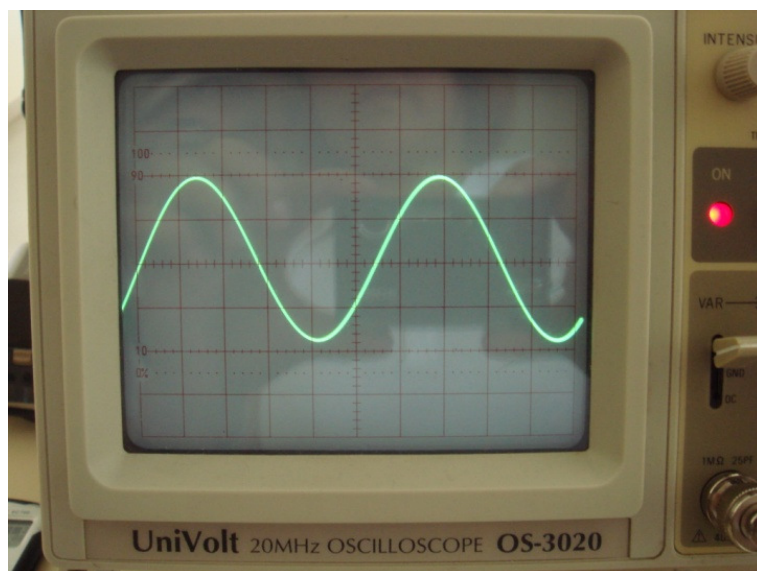


**Figura 5.3-** Onda sinusoidal registada a partir do CH1

A sinusóide indicada na Figura 5.3, tem uma amplitude  $A = 1,9 \text{ DIV} \times 2 \text{ volts/DIV}$ , correspondendo a 3,8 V. A frequência registada no gerador de sinais foi de 338 Hz, enquanto que ao fazer a leitura através do sinal no ecrã do osciloscópio obteve-se 334Hz. Este valor obtém-se contando as divisões na horizontal. A observação da figura permite dizer que o período inclui divisões. Como cada divisão corresponde  $10^{-3} \text{ s/DIV}$ , o período será dado por  $T = 3 \text{ DIV} \times 10^{-3} \text{ s/DIV}$  ou seja  $T = 3 \times 10^{-3} \text{ s}$ . Como a frequência é o inverso do período, o valor será 334 Hz (valor muito próximo de 338 Hz).



A Figura 5.4 mostra uma onda sinusoidal gerada a partir de um gerador de sinal ligado ao CH2. Agora, como mostra a observação da figura, a sinusóide tem a mesma amplitude  $A = 1,9 \text{ DIV} \times 2 \text{ volts/DIV}$ , correspondendo a 3,8V.



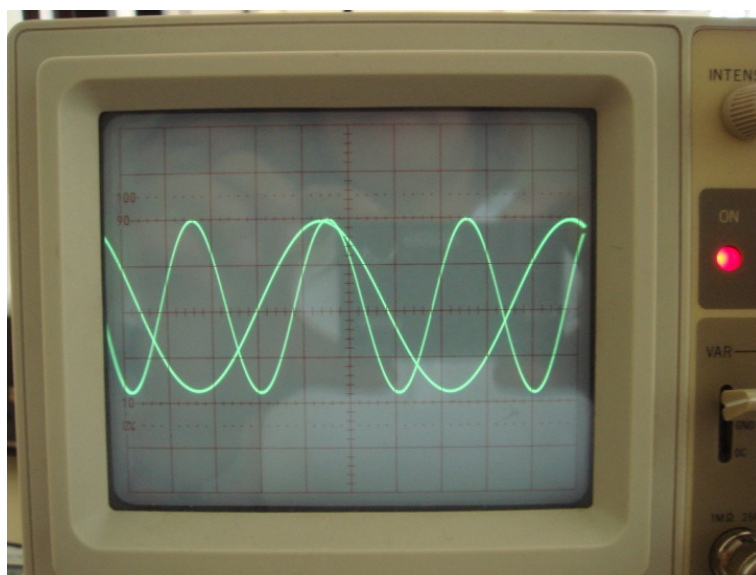
**Figura 5.4-** Onda registrada a partir do CH2

A frequência registrada no gerador de sinais foi de 185 Hz. Este valor foi confirmado através de cálculos de valores indicados no osciloscópio. Contando as divisões na horizontal e para um tem-se 5,4 divisões. Então o período, será dado por  $T = 5,4 \text{ DIV} \times 10^{-3} \text{ s/DIV}$  resultando  $T = 5,4 \times 10^{-3} \text{ s}$  ou seja uma frequência de 185 Hz.

A Figura 5.5 mostra as sinusóides produzidas pelos dois geradores de sinais através dos canais CH1 e CH2. As ondas sinusoidais têm a mesma amplitude e diferente frequência. O botão (17) do osciloscópio está na posição DUAL.

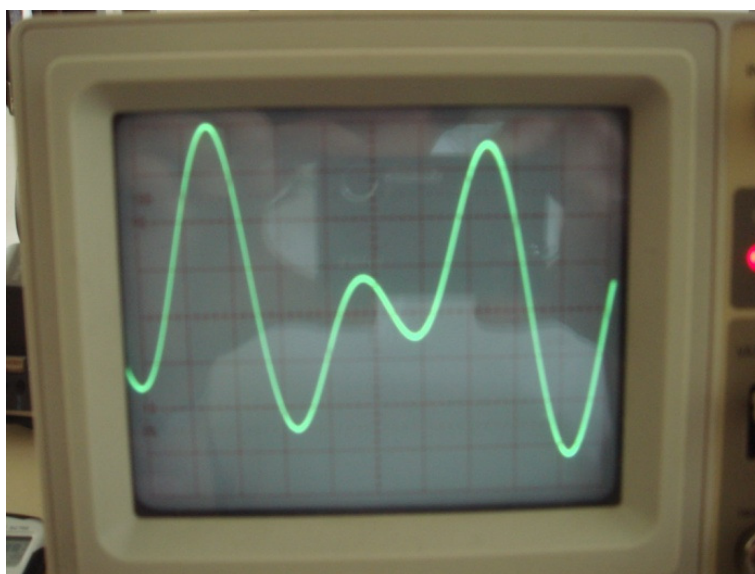
A observação da Figura 5.5 mostra que uma frequência é quase dupla da outra frequência.





**Figura 5.5-** Ondas sinusoidais CH1 e CH2

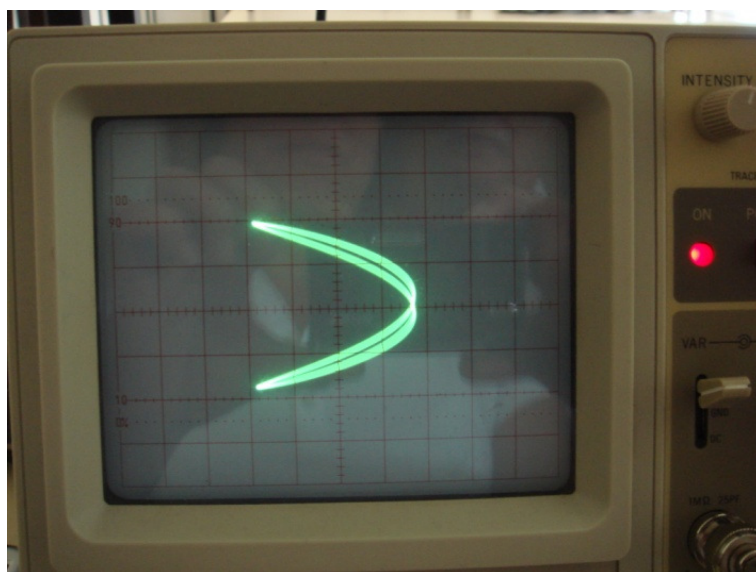
Na Figura 5.6 mostra-se a soma das duas sinusóides, para tal o botão (17) do osciloscópio está em modo ADD.



**Figura 5.6** - Soma das ondas sinusoidais CH1 e CH2, uma imagem

Na Figura 5.7 mostra-se o resultado que se obtém quando o osciloscópio é colocado em modo X-Y. Esta é uma figura de Lissajous. Estas figuras são

criadas no osciloscópio quando se aplicam tensões alternadas sinusoidais ao canal horizontal e ao canal vertical (funcionamento  $X-Y$ ).



**Figura 5.7-** Modo  $X-Y$  das sinusóides CH1 e CH2, uma imagem

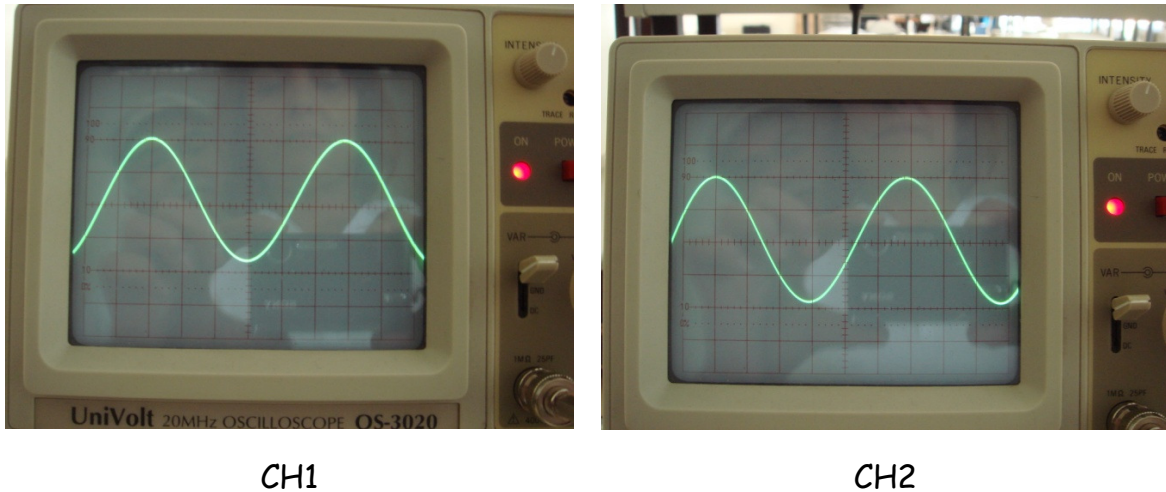
Agora vamos considerar um caso particular em que se aplica a mesma amplitude e a mesma frequência.

A Figura 5.8 mostra as sinusóides produzidas pelos geradores de sinais e referentes aos canais CH1 e CH2.

A sinusóide do CH1 tem uma amplitude  $A = 1,9 \text{ DIV} \times 2 \text{ volts/DIV}$ , correspondendo a 3,8V. A frequência registada no gerador de sinais foi de 185 Hz e da leitura no ecrã do osciloscópio obteve-se a mesma frequência ou seja 185 Hz. Este valor foi obtido contando as divisões para o período (5,4 divisões). Logo o período  $T = 5,4 \text{ DIV} \times 10^{-3} \text{ s/DIV}$  e  $T = 5,4 \times 10^{-3} \text{ s}$  com uma frequência de 185 Hz.

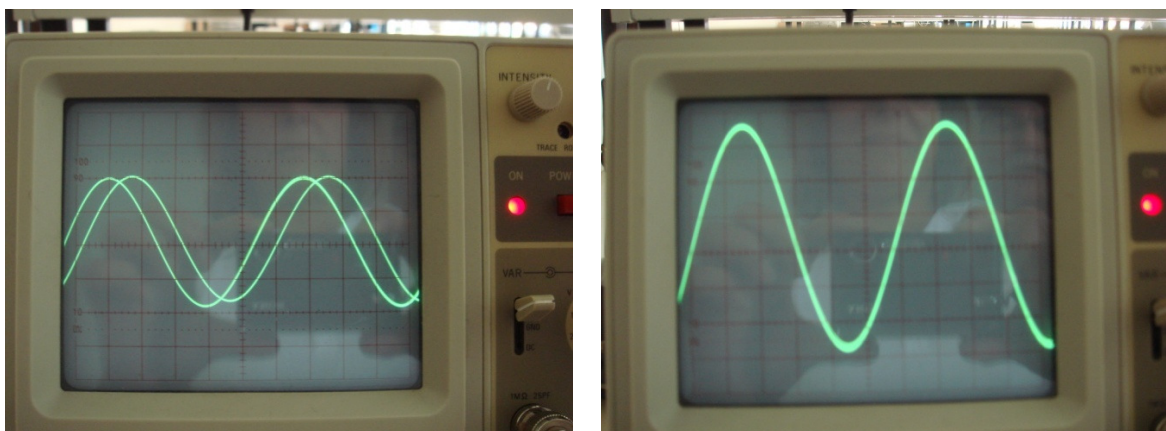
A sinusóide do CH2 tem uma amplitude  $A = 1,9 \text{ DIV} \times 2 \text{ volts/DIV}$ , correspondendo a 3,8V. A frequência registada no gerador de sinais foi de 185 Hz. Este valor obtém-se contando as divisões e verifica-se que o período

tem 5,4 divisões. O período será então  $T = 5,4 \text{ DIV} \times 10^{-3} \text{ s/DIV}$  ou  $T = 5,4 \times 10^{-3} \text{ s}$  e a frequência de 185 Hz.



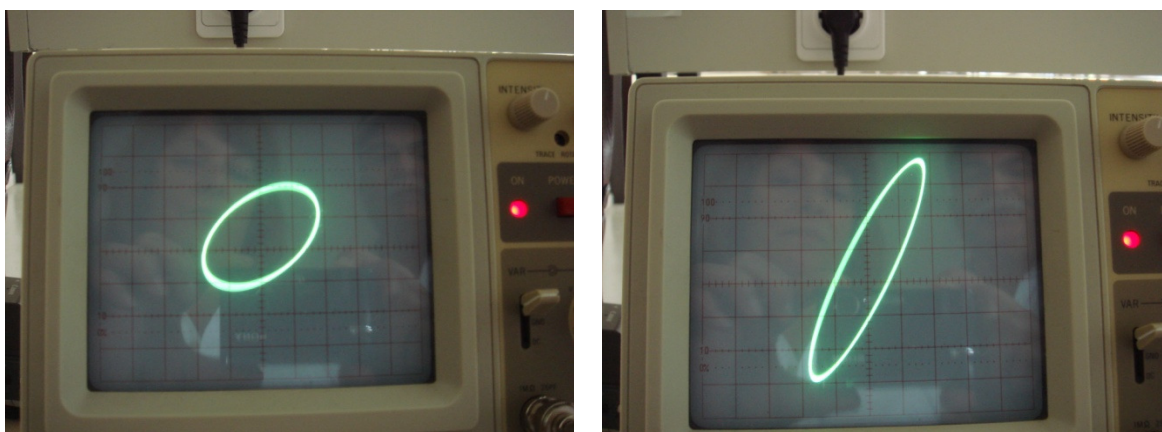
**Figura 5.8** - Ondas sinusoidais, no CH1 e no CH2

As sinusóides produzidas pelos geradores de sinais através dos canais CH1 e CH2 têm a mesma amplitude e frequência. A Figura 5.9 mostra no seu lado esquerdo o que acontece quando o osciloscópio está em posição DUAL, e no seu lado direito o que se observa (num instante) quando o osciloscópio está no modo ADD.



**Figura 5.9**- Situação de visualização das sinusóides, duas situações

As figuras geométricas indicadas na Figura 5.10 mostram o que acontece quando o osciloscópio é colocado em modo  $X$ - $Y$ . Estas são chamadas de figuras de Lissajous. São figuras criadas no osciloscópio quando se aplicam tensões alternadas sinusoidais ao canal horizontal e ao canal vertical (funcionamento  $X$ - $Y$ ).



**Figura 5.10-** Modo  $X$ - $Y$  no osciloscópio

Com a mesma frequência, a imagem resultante é uma elipse do tipo da Figura 5.10 dependendo do defasamento entre as ondas em causa. Quando o defasamento é inferior a  $180^\circ$  a elipse vai rodando no sentido dos ponteiros do relógio, enquanto que para ângulos superiores roda no sentido contrário. Defasamento de  $90^\circ$  e  $270^\circ$  descreve uma circunferência.

A observação do gerador de sinal indica uma frequência aproximadamente de 180 Hz, como se representa na Figura 5.11.





**Figura 5.11-** Gerador de sinal (situação das figuras de Lissajous)

### *Utilização da voz*

Uma questão problema é agora colocada:

***Será possível identificar um indivíduo pela voz em alternativa à impressão digital?***

Esta questão é oportuna pois o manual de Física e Química do 11º ano aponta-a como uma das actividades a realizar no laboratório com o osciloscópio. Esta questão de aula laboratorial tem como objectivo saber utilizar o osciloscópio e extrair informação básica da representação observada (Bello *et al.*, 2005).

Na origem do som está sempre a vibração de um corpo. A vibração consiste em movimentos do corpo, por vezes imperceptíveis, mas suficientes para causar uma perturbação no meio em redor. No caso da voz humana, resulta das vibrações das cordas vocais, cujos músculos podem esticar mais ou menos, o que lhes permite vibrar de formas diferentes, tanto em frequência (número de ondas por minuto) como em amplitude (oscilação da onda relativamente à sua posição média) quando passa o ar por elas. A intensidade

do som é a característica que permite distinguir um som forte de um som fraco. Um som forte, mais intenso, pode ser ouvido a maior distância que um som fraco. Um som é tanto mais intenso quanto maior for a amplitude da sua oscilação. No entanto, a intensidade depende da frequência da onda.

A altura do som está directamente relacionada com a frequência da onda sonora, o som é tanto mais alto quanto maior for a sua frequência. Um som alto, com maior frequência, será mais agudo que um som baixo, grave.

Assim a frequência e a amplitude da onda sonora são determinadas pela frequência e amplitude da fonte sonora e é também ela que determina a intensidade e a altura da onda.

Um som simples, chamado de som fundamental, é emitido por um diapasão que ao vibrar emite uma onda harmónica com um só comprimento de onda e com uma frequência bem definida. Os outros sons não são, na sua maioria, simples, mas sim complexos, a onda que emitem não tem uma frequência bem definida.

Aquilo que confere características particulares ao som de uma voz humana é então o número de harmónicos (som puro cuja frequência seja um múltiplo inteiro de uma dada frequência) que intervém e a proporção com que cada um entra no som resultante.

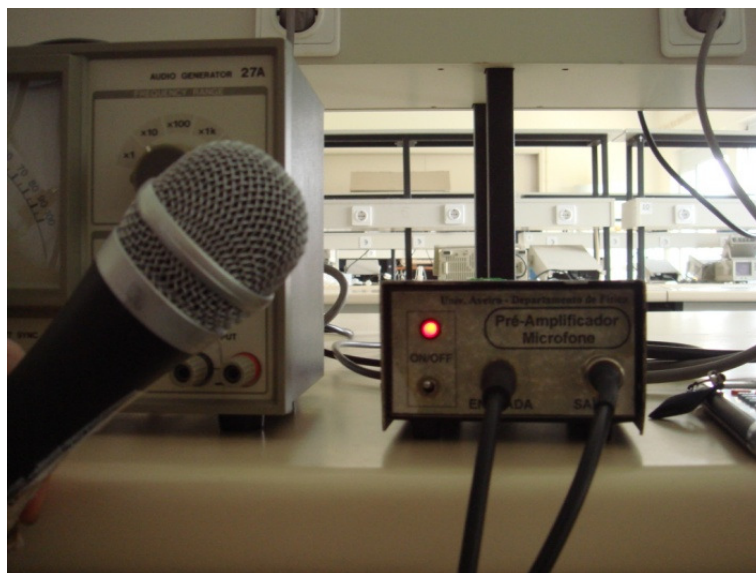
Esta característica pode permitir um sistema de reconhecimento por voz. O timbre que graças ao qual todos temos vozes diferentes, e únicas tal como as nossas impressões digitais, que também são únicas.

Este sistema de reconhecimento por voz implica, antes de tudo, um microfone, que converterá o nosso sinal sonoro num sinal eléctrico com a mesma informação.

Coloquemos de novo a questão de investigação.

***Poder-se-á identificar um indivíduo através da voz em alternativa à impressão digital?***

Para responder à questão problema, começou-se por ligar o microfone como se mostra na Figura 5.12.



**Figura 5.12**-Ligação do microfone ao amplificador de sinais

Foi pronunciada a vogal "u" durante algum tempo com o objectivo de identificar a sinusóide.

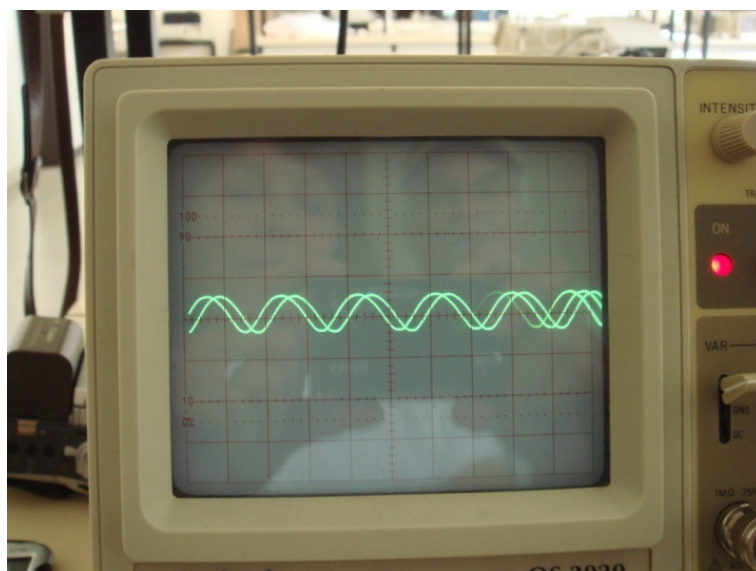
O valor da amplitude e da frequência foram avaliados através de fotografia, conhecidas as divisões de VOLTS/DIV e TIME/DIV no osciloscópio.

Usando um gerador de sinais considerou-se para uma onda sinusoidal os valores aproximados de amplitude e de frequência. O resultado é indicado na Figura 5.13

A sinusóide regista uma amplitude de  $0,5 \text{ DIV} \times 2 \text{ volts/DIV}$ , a que corresponde o valor de 1V, como se mostra na Figura 5.14.



**Figura 5.13-** Gerador de sinais ao gerar a vogal “u”.



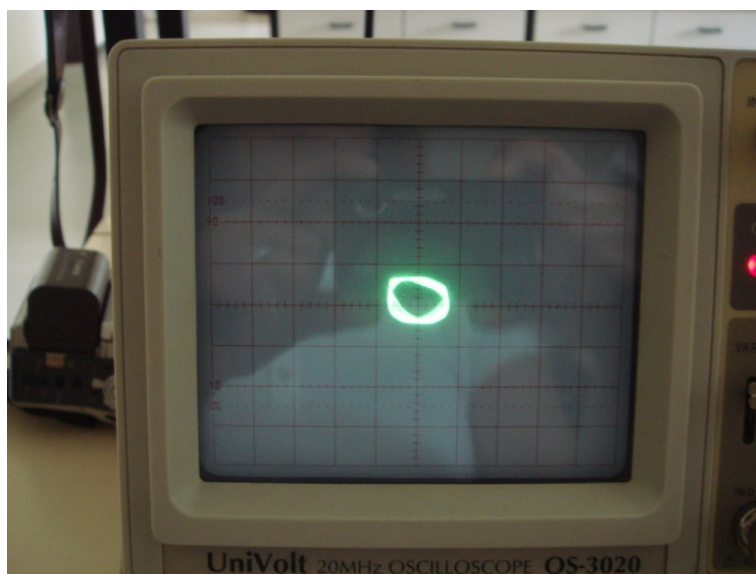
**Figura 5.14-** Frequência de 500 Hz da vogal “u”

O valor da frequência foi também determinado. O período regista 2 divisões, logo  $T = 2 \text{ DIV} \times 10^{-3} \text{ s/DIV}$  que equivale a  $T = 2 \times 10^{-3} \text{ s}$  ou seja uma frequência de 500 Hz. Como era esperado, os valores da frequência registada no gerador de sinais e a observada no ecrã do osciloscópio coincidem. Chama-se a atenção que as duas sinusóides mostradas na Figura 5.14 são geradas pelo gerador de sinal e pela voz humana. Na prática a sinusóide gerada pelo gerador



de sinal foi trabalhada de modo a ser semelhante à da voz humana, oferecendo uma excelente concordância.

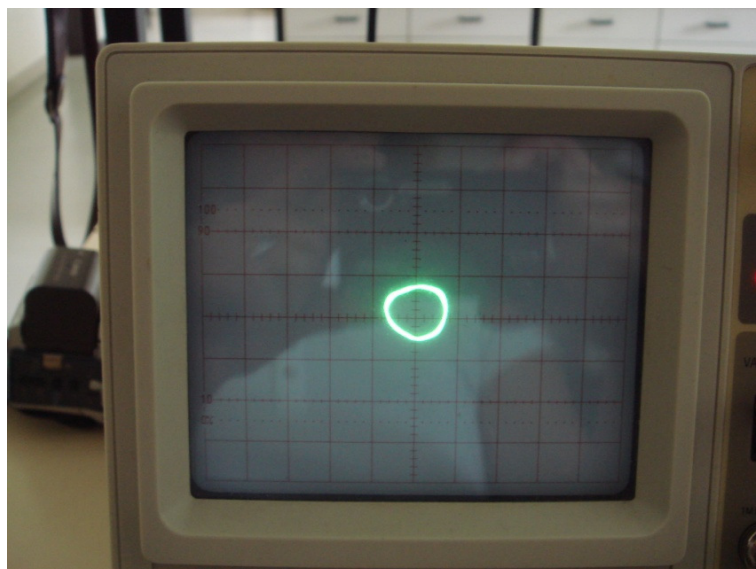
Conforme a teoria desenvolvida em capítulo anterior e conhecidas as duas sinusóides (mostradas no ecrã do osciloscópio), é possível agora através do modo  $X$ - $Y$  obter a correspondente figura de Lissajous, como se indica na Figura 5.15.



**Figura 5.15**-Frequência da vogal "u"; 500 Hz

Sendo uma figura geométrica conhecida - circunferência - e de acordo com a construção realizada (ver anexo I), a frequência das duas sinusóides é igual ou seja a frequência da vogal "u" da voz humana é cerca de 500 Hz. Portanto este seria o registo de um determinado indivíduo quando pronunciasse a vogal "u". Assim poderia ser identificado pelo registo da vogal.

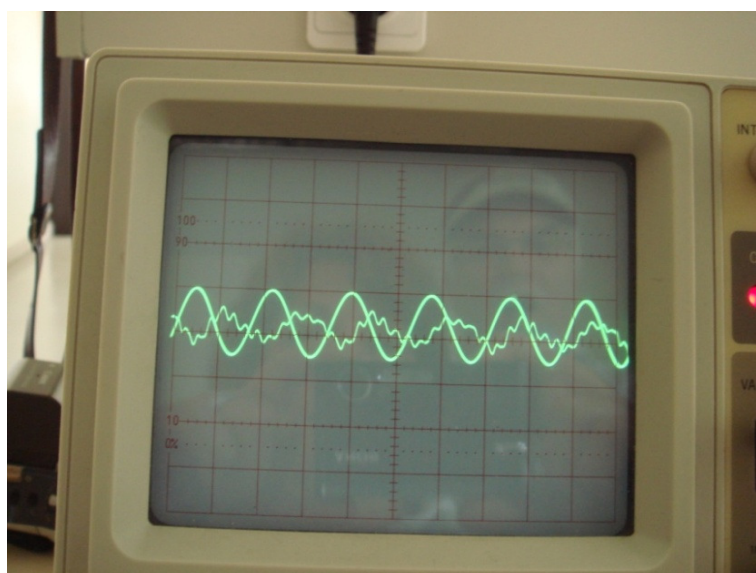
A Figura 5.16 mostra outra imagem para o mesmo indivíduo. Testam-se vários indivíduos e cada um mostrou ter uma frequência para a vogal "u" com valores diferentes.



**Figura 5.16-** Vogal "u" com frequência 500 Hz (outra imagem)

Considerou-se oportuno investigar o que acontece quando se avalia as características da vogal "a" da voz humana.

O procedimento experimental é similar, ou seja, pronunciando-se a vogal "a" fizeram-se os registos indicado na Figura 5.17, com a ajuda do gerador de sinal, como se mostra na Figura 5.18.



**Figura 5.17-** Onda fundamental e a onda produzida pela vogal "a"



**Figura 5.18-** Gerador de sinais com registo da frequência do som da vogal "a"

Neste caso, o sinal registado mostra alguma irregularidade.

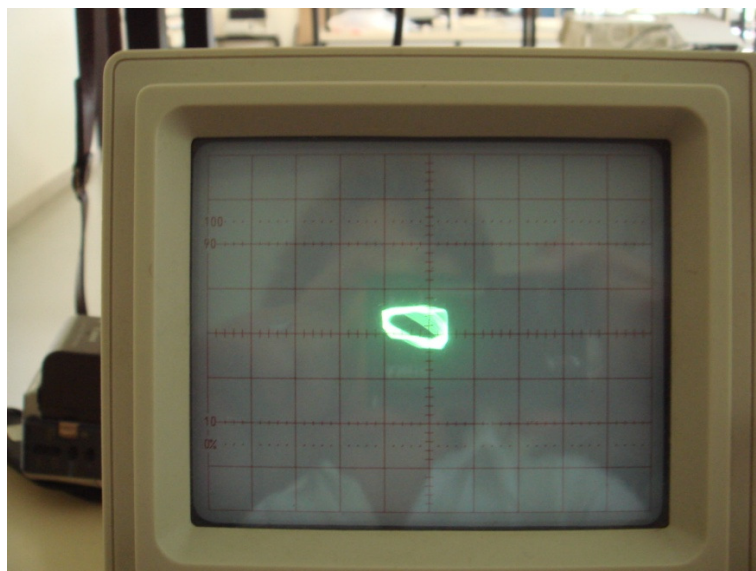
A Figura 5.17 mostra um registo quando se pronunciou a vogal "a", com uma frequência de cerca de 580Hz e uma amplitude de 1,3V.

Quando o osciloscópio foi colocado no modo *X-Y* obteve-se a correspondente figura de Lissajous, como se indica na Figura 5.19. A observação visual mostra ser semelhante a uma circunferência e por isso as sinusóides são consideradas com a mesma frequência, ou seja cerca de 580Hz.

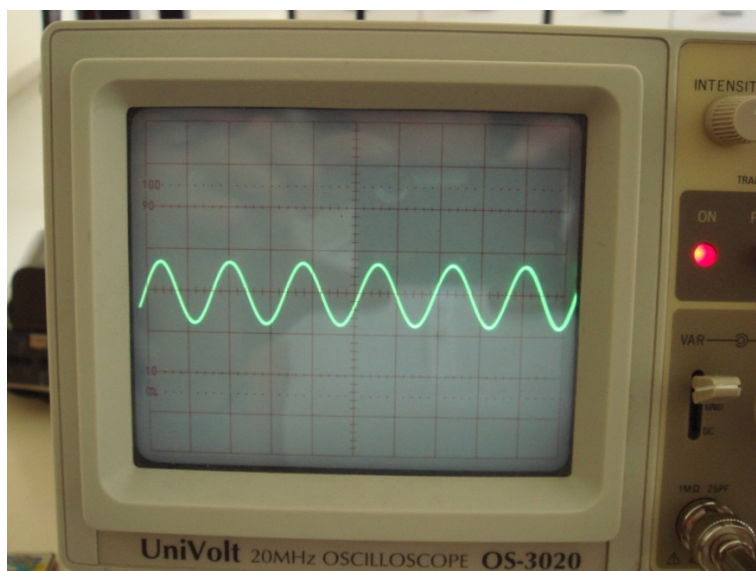
Portanto este seria o registo de um determinado indivíduo quando pronunciasse a vogal "a".

Seguidamente fez-se o mesmo procedimento em relação à vogal "i" e observou-se os seguintes registos, mostrados na Figura 5.20 e na Figura 5.21.

A frequência observada foi de cerca de 420Hz. Os valores da frequência registada no gerador de sinais e a observada no ecrã do osciloscópio mostram uma boa coerência, como se indica na Figura 5.22.



**Figura 5.19** - Registo da imagem correspondente à pronúncia da vogal "a"



**Figura 5.20-** Sinusóide produzida pelo gerador de sinais

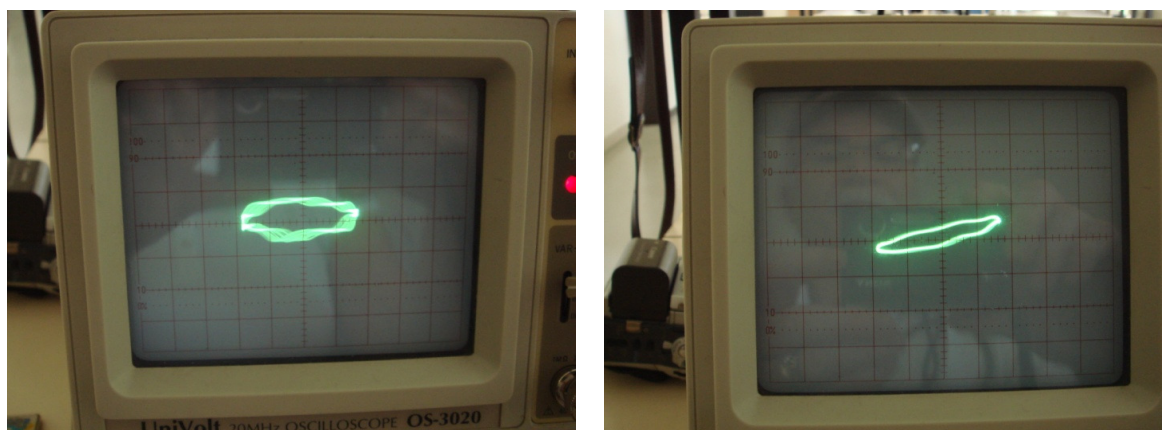
Podemos concluir que parece ser possível avaliar a frequência de vogais pronunciadas através da voz humana.

Para comprovar a teoria desenvolvida e mostrar que as actividades desenvolvidas são válidas, usou-se um diapasão em que era conhecida a frequência.





**Figura 5.21-** A frequência indicada no gerador de sinal 416Hz

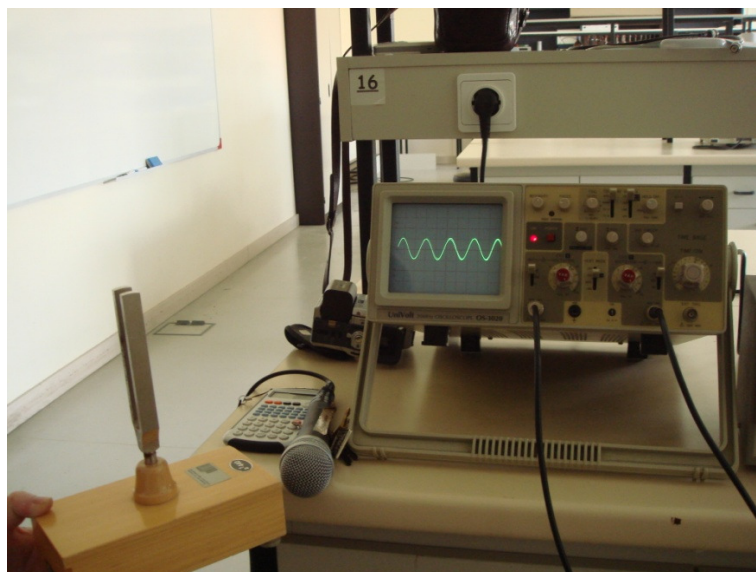


**Figura 5.22-** Registo da imagem quando da pronúncia da vogal "i"

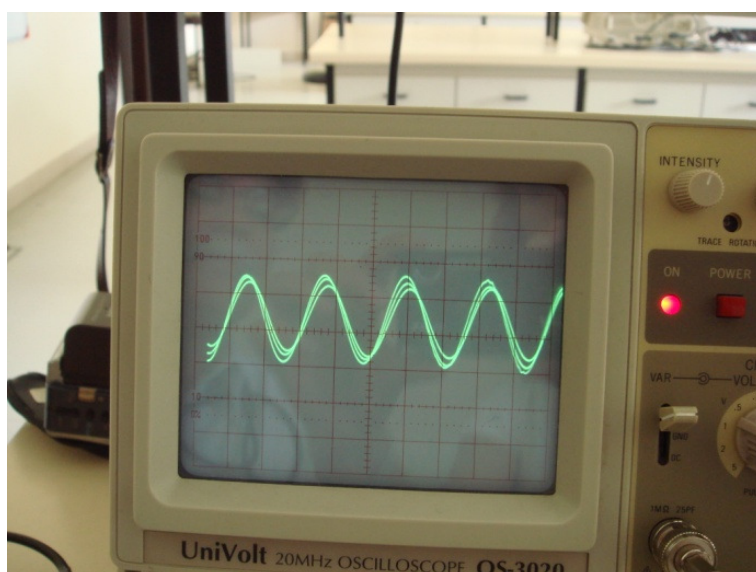
A Figura 5.23 mostra o diapásão, o microfone e o sinal registado no osciloscópio. Considerou-se a entrada da onda sinusoidal no CH1. Foi avaliada a frequência e comparada com som indicado no diapásão. O resultado mostrou uma excelente concordância. Usou-se de seguida um gerador de sinais com uma onda sinusoidal com a mesma amplitude e frequência.

A Figura 5.24 mostra a informação registada no osciloscópio. Quando o osciloscópio foi colocado posição X-Y o resultado obtido de uma figura

geométrica (circunferência) mostra que é possível determinar a frequência de um diapásão através do uso de um gerador de sinais.

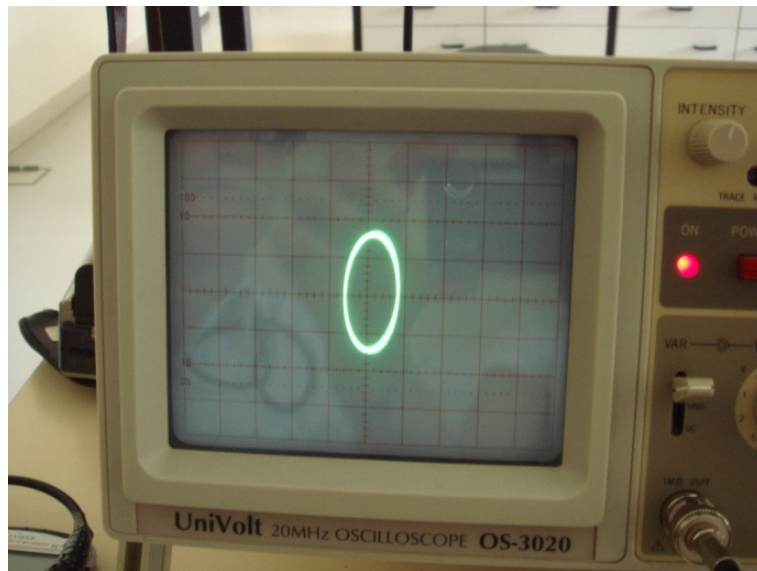


**Figura 5.23** - Montagem para a utilização do diapásão



**Figura 5.24-** Onda sinusoidal produzida pela vibração do diapásão e gerador de sinais

A Figura 5.25 mostra o resultado do estudo final.



**Figura 5.25-** Modo  $X-Y$  no osciloscópio

## Capítulo 6

---





## **CAPÍTULO 6 Oficina Pedagógica de Reflexão**

### **6.1 Introdução**

Já não é fundamental difundir factos e leis a receptores passivos, mas ambiciona-se que eles sejam observados pelos próprios alunos, através das experiências propiciadas pelos professores. É então, necessário facultar aos docentes, materiais didácticos que lhes facultem novas práticas de ensino.

Nesse sentido, já não é satisfatório produzirem-se materiais didácticos, e promover o seu acesso aos professores; é imprescindível que estes os conheçam e compreendam, para os saber implementar e conduzir ao progresso didáctico.

Afecta-se, assim, a inovação curricular, ao conceito de formação contínua, que se apresenta com o propósito global de promover o desenvolvimento profissional do professor, nas suas mais diversas dimensões, abrangendo o saber e o saber-fazer didácticos (Pacheco e Flores, 1999).

A actividade experimental, permite a promoção do ensino-aprendizagem de múltiplas competências de conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudes (Leite e Afonso, 2000, 2001).

### **6.2 População e amostra**

Atendendo aos objectivos deste estudo, a população é constituída por professores de Física e Química e Matemática que leccionam o Ensino Secundário em Portugal.

A amostra é constituída por cinco professores de Matemática e cinco professores de Física e Química.

A amostragem, operação que consiste em tomar um certo número de elementos no conjunto de elementos que queremos estudar - população -, tem de obedecer a determinados critérios para que, a partir da amostra, se obtenham resultados com os quais possamos tirar conclusões fidedignas sobre a população. Para o efeito, é necessário considerar uma amostra representativa da população, o que só não acontecerá se não houver qualquer razão para pensarmos que os caracteres em estudo se distribuam de forma diferente na amostra e na população (Gall e Borg, 2003). Assim, facilmente se depreende que ao escolher cinco professores de cada um dos grupos disciplinares em estudo, se possam introduzir erros sistemáticos de análise decorrentes dessa limitação.

### **6.3 Funcionamento da Oficina**

Consideramos oportuno a realização de uma segunda fase desta investigação. Nestas circunstâncias, a segunda fase assume importância primordial pela área temática abordada, a articulação curricular, e mais especificamente, relacionando-a com um recurso didáctico, que os novos programas e orientações curriculares privilegiam, a actividade experimental, integrada num conteúdo específico das disciplinas de Matemática, a trigonometria e em Física e Química, as comunicações a curta distância.

Simultaneamente, parece-nos oportuno, preconizar-se uma formação que rompa com as práticas institucionalizadas da formação contínua de professores, onde se atribui uma relação mais próxima entre a investigação e a formação.

Assim e através de uma oficina pedagógica, pretende-se contribuir para que os professores participantes possam reflectir sobre as suas próprias

práticas de ensino e aprendizagem e promovam as actividades experimentais para complementarem esse ensino e aprendizagem dando ênfase sempre que possível à articulação curricular.

Esta segunda fase do estudo desenvolveu-se em duas etapas. Na primeira etapa chamou-se de " Oficina de Reflexão" e nesta pretendeu-se que fosse feito um trabalho colaborativo entre professores de Matemática e de Física e Química no sentido, de relacionar a articulação entre a linguagem utilizada nestas duas disciplinas, no caso concreto do Movimento Harmónico Simples.

Foi feito um trabalho naturalista, participante e não estruturado, onde os professores destas áreas disciplinares trocaram experiências, reflectiram sobre as suas práticas e puderam avaliar o desfasamento dos conteúdos curriculares. Criou-se um espaço onde houve reflexão, discussão e troca de experiências entre estas duas disciplinas, que se interligam e estão tão presentes no nosso dia a dia. Uma reflexão profissional e uma ligação entre a teoria e a prática; uma cultura de trabalho colaborativo, onde a discussão de experiências no seio de grupos de trabalho, facilitasse a consolidação de inovações (Cachapuz *et al.*, 2002).

No início a professora investigadora fez uma breve apresentação ao trabalho que desenvolveu nesta investigação e como professora de Matemática relatou os desafios a que se propôs quando decidiu fazer este estudo. De seguida apresentou-se aos participantes um Power Point, onde constavam os objectivos traçados para esta oficina de reflexão e foi dado a conhecer instrumentos que seriam usados para a actividade proposta. Um osciloscópio, um gerador de sinais, um microfone e um amplificador. Os professores participantes num total de 10, 5 de Matemática e 5 de Física e Química fizeram as montagens necessárias para a execução da actividade proposta.

Analysaram os comandos do osciloscópio e verificaram o funcionamento de cada um deles. Observaram os registos, ou seja as sinusóides produzidas quer pelo gerador de sinais quer pela sua voz, através do microfone. Fizeram a modelação matemática após a interpretação das respectivas escalas onde concluíram posteriormente a identificação da vogal "a" correspondente à sua voz (por ser mais fácil de tratamento).

Estabeleceu-se a articulação entre as duas linguagens, Matemática e Física e Química e por fim, utilizando papel milimétrico e material de desenho, fizeram construções geométricas das figuras de Lissajous (Anexo I).

Foi também feito algum registo fotográfico durante a execução da actividade proposta (Anexo II).

No decurso da actividade verificou-se que os professores de Matemática estavam pouco familiarizados com os instrumentos de medida e com a realização da actividade em si, o que não se verificou com os professores de Física e Química, pois as actividades experimentais são uma constante na leccionação das suas aulas. Houve uma partilha e cumplicidade entre os professores de Matemática e os professores de Física e Química quer na discussão dos conteúdos onde a articulação curricular se poderia fazer quer na execução de outras actividades para o desenvolvimento de competências nos participantes nesta oficina de reflexão.

Após a efectividade da actividade passou-se à segunda etapa que se traduziu no preenchimento de um questionário (Anexo III), com o objectivo de analisar a importância que este grupo de professores atribuía à articulação curricular entre as duas disciplinas e a importância deste tipo de actividades na construção e desenvolvimento do conhecimento e ensino.

## **6.4 Instrumentos de recolha de dados: elaboração e validação**

Importa referir que todos os instrumentos foram elaborados, adaptados ou compilados pela própria investigadora. Impunha-se, por isso, a sua testagem prévia, quer no que concerne a aspectos relacionados com a validade de conteúdo, quer no que diz respeito à sua funcionalidade.

No que se prende com a validade de conteúdo (Gall e Borg, 2003), fundamentou-se a construção do instrumento na própria literatura e, posteriormente, submeteu-se o mesmo à apreciação crítica de professores de Matemática, de Física e Química, e do orientador desta dissertação. No atinente à validação da funcionalidade (Gall e Borg, 2003), no questionário, uma vez introduzidas as rectificações sugeridas pelas pessoas consultadas, sujeitou-se o dito instrumento a um teste piloto aplicado a outros dois professores não pertencentes ao estudo definitivo. Criou-se, assim, uma oportunidade real de praticar a administração desse instrumento, de forma a que fossem reveladas fraquezas e insuficiências emergente a nível da dificuldade na compreensão do significado das questões. Com os dados obtidos deste estudo piloto, procederam-se a algumas reformulações e ajustamentos, consideradas adequadas. Em seguida, introduzidas as alterações que se entenderam para conduzir a uma melhoria da qualidade do instrumento, voltaram a consultar-se os professores de Física e Química e Matemática e o orientador desta dissertação, e redigiu-se a versão final.

### **6.4.1 Questionário de opinião**

O questionário de opinião visou diagnosticar a aplicabilidade da articulação curricular entre a Matemática e a Física e Química e o contributo

desta articulação no desenvolvimento de competências e construção de conhecimento. As questões que compõem o questionário incidem em três dimensões e pretendem avaliar a opinião dos professores sobre a articulação curricular entre as disciplinas de Matemática e Física e Química numa actividade experimental, concretizada através da realização de uma oficina de reflexão.

Para facilitar a organização das questões o questionário foi dividido em três dimensões:

Parte I - Dados pessoais;

Parte II - A articulação curricular entre a Matemática e a Física e Química;

Parte III - A avaliação da actividade desenvolvida.

Na primeira parte pretendeu-se caracterizar o perfil do respondente, através da recolha de diversa informação tal como: a idade, as habilitações profissionais, o grupo disciplinar e os anos de leccionação.

Na segunda parte do questionário pretendeu-se analisar a importância atribuída à articulação curricular entre a Matemática e a Física e Química e a articulação da linguagem destas duas disciplinas.

Na terceira parte pretendeu-se avaliar a actividade desenvolvida na oficina de reflexão.

Com base na classificação utilizada por Correia e Pardal (1995), as perguntas incluídas no questionário são de três tipos: - perguntas de facto - relativas a assuntos concretos; perguntas de opinião - dizem respeito a opiniões; perguntas de acção - relativas a uma acção realizada, com o envolvimento na discussão de temas actuais e na execução de tarefas.

Em relação à modalidade das perguntas, e segundo a classificação de Correia e Pardal (1995), o questionário inclui: perguntas de formato aberto -

de resposta livre que fornecem respostas mais completas e podem evidenciar razões de resposta.

A Tabela 6.1 resume o tipo, a modalidade e os objectivos que estiveram na base da construção de cada uma das questões.

**Tabela 6.1 - Tipo, modalidade e os objectivos das questões**

Dimensão	Questão	Tipo	Modalidade	Objectivos
<b>Parte I - Dados pessoais</b>	1	De facto	Aberta	Conhecer a idade
	2			Conhecer as habilitações profissionais
	3			Identificar o grupo disciplinar
	4			Conhecer o tempo de leccionação
<b>Parte II - Articulação curricular entre a Matemática e a Física e Química</b>	5	De opinião	Aberta	Conhecer a importância da articulação entre a linguagem Matemática e a Linguagem da Física e Química
	6			
	7			
	8			Conhecer a importância da articulação curricular entre a Matemática e a Física e Química
<b>Parte III - A avaliação da actividade experimental</b>	9	Acção	Aberta	Conhecer a importância da actividade experimental no ensino da matemática e da Física e Química
	10			

## 6.5 Recolha de dados

Os dados e as actividades foram recolhidos/realizadas através do instrumento que atrás se inventariou e que foram aplicados de acordo com o cronograma apresentado na Tabela 6.2.



**Tabela 6.2 - Cronograma das fases do estudo**

<b>Fevereiro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>
1ª Fase - Realização das actividades experimentais	(2ª Fase - 1ª parte) Oficina de Reflexão	(2ª Fase - 2ª parte) Questionário de opinião

Na primeira fase deste estudo, foram realizadas actividades experimentais que serviram de estudo exploratório e de formação para a professora investigadora e professora de Matemática, como foi referido no capítulo 5.

Na segunda fase foi realizada uma "Oficina de Reflexão" onde os professores participantes analisaram a importância da articulação curricular entre as duas disciplinas referidas neste estudo. Nesta segunda fase foi realizado um questionário de opinião para verificar a aplicabilidade da articulação entre a Matemática e a Física e Química.

## **6.6 Apresentação e análise de resultados**

### **6.6.1 Introdução**

Neste capítulo, são apresentados e interpretados os resultados obtidos nesta investigação, à luz dos objectivos que a conduziram.

Apresentam-se os resultados do questionário aplicado aos professores que participaram na "Oficina de Reflexão" sendo feita uma análise estatística descritiva.

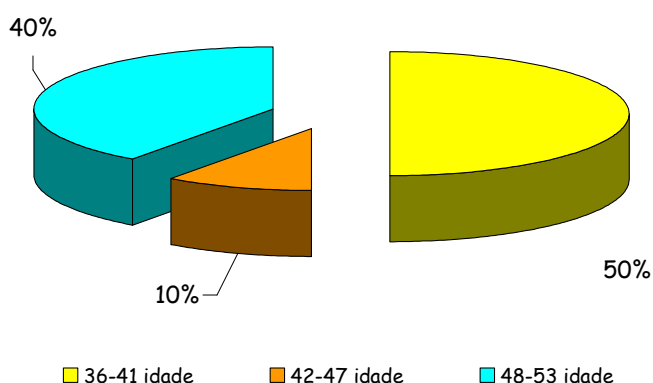
Numa primeira fase é feita a caracterização dos respondentes, Parte I do questionário e, numa segunda fase são analisadas de um modo global as duas dimensões do questionário correspondentes às Parte II e Parte II.

### 6.6.2 Caracterização dos participantes

As questões 1, 2, 3, e 4 permitem caracterizar a amostra no que respeita à idade, nível de ensino leccionado, grupo disciplinar e anos de ensino.

As idades dos professores participantes no estudo (questão 1) variam entre os 32 e os 52 anos, ou seja, 50% dos participantes têm uma idade entre 36 e 41 anos, 10% entre 42 e 47 anos e 40% entre os 48 e os 53 anos, como se indica na Figura 6.1.

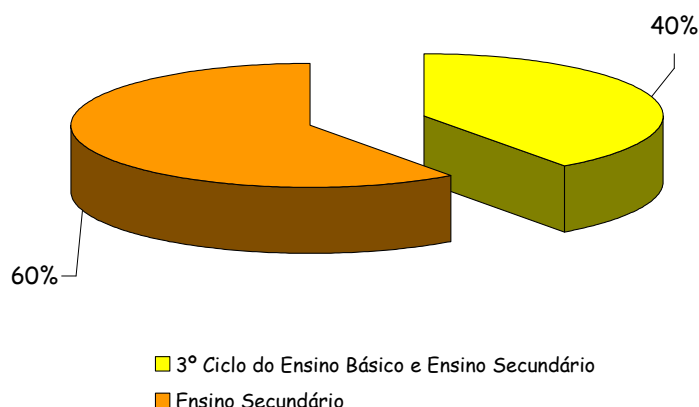
A análise das respostas à questão 1 permitiu construir o gráfico indicado na Figura 6.1.



**Figura 6.1-** Caracterização da amostra: Idades

Os participantes neste estudo encontram-se a leccionar no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário as disciplinas de Matemática e de Física

e Química (questão 2). Verifica-se nas respostas que 60% dos professores leccionam só no Ensino Secundário e 40% leccionam no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário. Os resultados são mostrados na Figura 6.2.

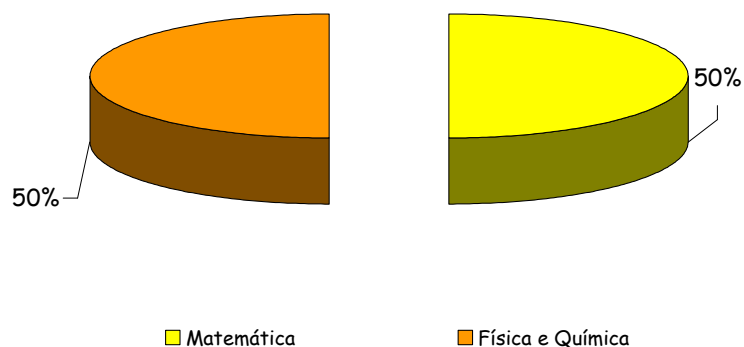


**Figura 6.2-** Caracterização da amostra: Nível de ensino que leccionam

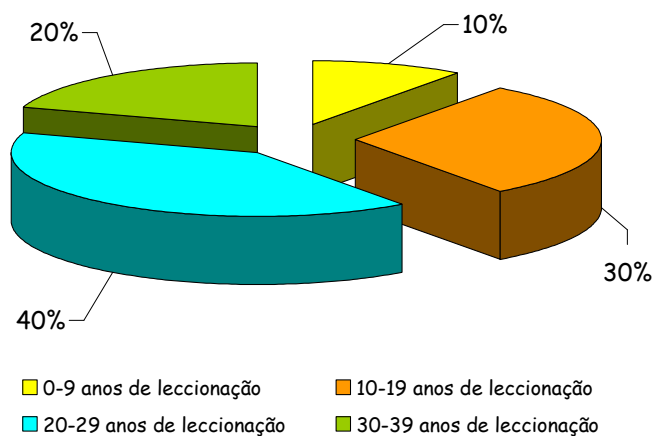
A amostra é constituída por professores dos grupos disciplinares de Matemática e Física e Química (questão 3), e como o número de professores seleccionado para este estudo foi em igual número, destes dois grupos disciplinares (5 de Matemática e 5 de Física e Química), resulta assim numa percentagem de 50% para cada um destes grupos. Este resultado pode ser observado na Figura 6.3.

Estes professores pertencem ao quadro da escola e o número de anos de leccionação situa-se até 40 anos, o que pode evidenciar alguma experiência de ensino (questão 4).

De acordo com a Figura 6.4 pode-se inferir que 90% dos professores deste estudo leccionam há mais de 9. A maior fatia recai no intervalo [20;29] de leccionação, registando-se 40%.



**Figura 6.3-** Caracterização da amostra: Grupo Disciplinar



**Figura 6.4-** Caracterização da amostra: Anos de leccionação

### 6.6.3 Parte II do questionário

#### *Articulação curricular entre a Matemática e a Física e Química*

As questões 5, 6, 7 e 8 permitem conhecer a opinião dos professores intervenientes neste estudo, sobre a importância da articulação entre a linguagem Matemática e a linguagem da Física e Química e da articulação

curricular entre estas duas disciplinas. Estas questões são analisadas globalmente através de uma análise de conteúdo, referenciando a transcrição de algumas respostas dos respondentes, aquelas que parecem inferir no sentido de reflectir numa mudança de práticas e ou de atitudes por parte dos professores.

Nas palavras de Vieira (2003) a análise de conteúdo permite articular o conteúdo descrito e as influências que dela se fizerem, isto é, explicar e interpretar os resultados obtidos.

Foi notório a partilha de saberes e o entusiasmo com que os professores destas duas áreas disciplinares participaram na actividade. Consideraram esta articulação curricular de extrema importância e reflectiram sobre outras articulações a nível de conteúdos que se poderiam fazer. Comentaram a hipótese de no início de cada ano lectivo poder-se coordenar as possíveis articulações curriculares a nível de conteúdos programáticos e posteriormente implementar acções deste tipo. Para consolidar esta informação transcreve-se a seguir algumas respostas que se consideraram mas significativas.

*Se a Matemática e a Física usassem a mesma terminologia quando abordam conteúdos que se interligam, parece-me que os alunos teriam uma maior percepção de como estas duas disciplinas se complementam.*

*Nesta actividade é notório a articulação que tem que existir a nível curricular. O conhecimento da trigonometria é importante para que os alunos percebam o M.H.S. e consigam perceber as actividades práticas quando da utilização do osciloscópio.*

*Estas iniciativas conjuntas entre professores de Matemática e de Física e Química deviam existir em outras articulações curriculares e desenvolverem-se mais actividades deste tipo para que haja uma reflexão conjunta entre outros conteúdos destas disciplinas.*

*Verifica-se que a nível de currículos há desarticulação, começa pelos programas que não pensam nos conteúdos comuns às disciplinas, havendo desfasamento que impedem/dificultam o trabalho dos professores no sentido de poderem complementar com acções conjuntas.*

Assim, infere-se dos resultados que a articulação efectuada minimizou a ocorrência futura de repetições monótonas e desfasadas, feitas a tempos diferentes nas disciplinas em causa.

Se olharmos atentamente os programas com alguma atenção apercebemo-nos que aquilo que parecia tão diferente, não o é afinal. Devemos manter este espírito de curiosidade e abertura para se dar uma hipótese à mudança.

Isto só se torna exequível, se houver um trabalho prévio dos professores envolvidos com base numa leitura global da informação relativa a cada item programático de modo a poder construir uma compreensão panorâmica dessa informação.

Esta articulação curricular potencia, desenvolve e amplia as competências cognitivas, metodológicas e interpretativas dos alunos que irão trabalhar estes conteúdos.

Reconheçamos o contributo específico da articulação curricular para o desenvolvimento de um pensamento autónomo e crítico que, por integração progressiva e criteriosa de saberes parcelares, identifica e clarifica de forma correcta, conceitos operatórios -transversais das diferentes disciplinas.

Desmistificado o elevado grau de complexidade, com que geralmente são conotadas as articulações curriculares, e mostrada a sua utilidade do ponto de vista pedagógico, abre-se finalmente o caminho à sua concretização.

#### 6.6.4 Parte III do questionário

##### *Avaliação da actividade experimental*

A reorganização curricular está associada à valorização das actividades experimentais que dizem respeito a todas as áreas e disciplinas do currículo.

A realização de actividades experimentais pode contribuir para a aprendizagem de conceitos fundamentais, para o desenvolvimento de conceitos e para o desenvolvimento de competências transversais.

As questões 9 e 10 do questionário têm como objectivo conhecer a importância que os intervenientes atribuem à actividade experimental - Oficina de Reflexão - no ensino da Matemática e da Física e Química.

Pela análise das respostas ao questionário verificou-se que os objectivos desta investigação foram conseguidos, pois os professores destas áreas disciplinares em estudo, afirmaram que a avaliação desta actividade foi excelente. Houve dinamismo, inter-ajuda, espírito de iniciativa e partilha e mais que tudo houve uma reflexão para que as práticas educativas mudem.

Nestas circunstâncias, acreditamos que os professores podem deixar de continuar a trabalhar isoladamente, ou seja sem uma linha orientadora comum, que sirva de rumo às actividades práticas. Cada professor na sua área disciplinar não se deve virar, apenas, para o seu conteúdo sem o articular com disciplinas afins.

Abaixo descrevem-se as respostas que se entenderam mais significativas mediante o objectivo definido.

*Foi muito positiva, no início tive receio pois não estava familiarizada com os instrumentos a utilizar mas, com a inter-ajuda dos colegas de Física e Química consegui ter uma atitude diferente em relação à integração de actividades práticas na Matemática.*

*Acho que actividades deste tipo deveriam existir mais vezes. O trabalho colaborativo que estas acções exigem fazem com que se reflecta e se desenvolvam competências e conhecimento. Um professor de Física não tem o cuidado em usar a linguagem da Matemática e um professor de Matemática não se preocupa com a linguagem da Física.*

*Foi excelente, houve uma participação dinâmica e empreendedora. As escolas não dispõem de espaços específicos suficientes para o ensino das disciplinas através das actividades experimentais, nem gabinetes de trabalho para os professores e muito mais importante que o referido é a ausência de horas comuns nos horários dos professores para reunirem e prepararem actividades experimentais e/ou planificarem de forma a fazerem a articulação curricular entre as duas disciplinas.*

Pelo analisado, junto dos professores, é sugerida a importância do trabalho prático de investigação, a fim de desenvolver uma atitude activa, própria de quem não se limita a ouvir distraidamente. A partir da actividade experimental, espera-se que os alunos devem mobilizar as aprendizagens e viver o conhecimento de uma forma mais consistente procurando perceber a importância e utilidade da aprendizagem realizada e o modo como se reflecte no nosso dia-a-dia.

Partilhamos da convicção que as actividades experimentais são mais atractivas e motivadoras quando os professores mostram ter desenvolvido uma banda larga de conhecimento científico. Na afirmativa, a segurança de operacionalidade torna-se num verdadeiro alicerce para o sucesso da construção de conhecimento pelos alunos ou intervenientes.





## Capítulo 7

---



## **CAPÍTULO 7 Considerações finais e implicações pedagógicas**

### **7.1 Introdução**

Eis-nos chegados à fase final do nosso estudo, onde o tempo foi sendo um obstáculo, que associado à ansiedade, às dúvidas permanentes foram pondo em causa as sucessivas tentativas de ultimar o nosso trajecto investigativo.

O estudo de investigação foi desenvolvido no âmbito de uma dissertação de mestrado, tendo limitações que se prendem com a necessidade de cumprir determinados prazos legais, previamente estabelecidos aquando da planificação inicial, assim como as limitações que decorrem do facto de se ter que efectivá-la num período que corresponde a um ano lectivo.

No desenvolvimento deste estudo há a considerar as limitações decorrentes do tempo disponível, as considerações e implicações pedagógicas do estudo, considerações finais e perspectivas futuras.

Procuraremos no presente capítulo, em primeiro lugar dar resposta às nossas questões investigativas. De seguida, procuraremos reflectir sobre as implicações pedagógicas do estudo, bem como as limitações propriamente ditas e sentidas.

Concluiremos com a procura de possíveis sugestões e perspectivas futuras.

### **7.2 Implicações pedagógicas do estudo**

Este estudo parece-nos importante na medida em que constitui um ponto de partida para uma reflexão e tentativa de mudança no sentido de fazer um

trabalho cooperativo com outros professores e, também o de realizar outros projectos que articulem outros conteúdos programáticos.

Pensamos que a consciencialização de existência de procura de leis fundamentais, através da implementação de propostas deste tipo, será útil para os alunos desenvolverem competências e construir o seu conhecimento e, pô-los em contacto com aspectos fundamentais do conhecimento científico, nomeadamente da descrição de fenómenos físicos, mas também pela articulação com outros saberes.

A opção de articulação entre a disciplina de Matemática com a de Física e Química prendeu-se com o facto destas disciplinas serem as que mais afinidades parecem ter no currículo do Ensino Secundário e, por a professora investigadora ser de Matemática e verificar que, em conteúdos programáticos, nomeadamente do Ensino Secundário, se apela a esta articulação e, muitas vezes os professores, talvez por falta de competências não a referem na leccionação das suas aulas.

Requeru também, muito trabalho e estudo no que diz respeito à linguagem específica de cada disciplina, assim como na parte experimental, devido à falta de experiência, da professora investigadora, no uso dos equipamentos. Com o apoio na literatura e algum auto-estudo, conseguiu-se obter os conhecimentos básicos necessários para a construção e execução deste trabalho.

Houve construção de conhecimento e desenvolvimento de competências quando se efectuou pesquisa bibliográfica, quando se observou e manuseou equipamentos e instrumentos de medida assim como quando foram efectuados registos experimentais.

Não podemos deixar de concluir este capítulo sem reflectir sobre os contributos que este trabalho de investigação trouxe à formação enquanto

professora de Matemática. Deste modo consideramos que este estudo teve um impacto significativo na qualidade de aluna, professora, investigadora e pessoa.

Como aluna, voltar à universidade e realizar um trabalho experimental como este, foi um bom desafio, possibilitou constatar que no decorrer dos anos a abordagem ao ensino, foi modificada, pela influência de factores contextuais e de pessoais.

A professora investigadora adquiriu competências noutros saberes e experiências para dar continuidade, em conjunto com outros colegas professores, à articulação curricular das disciplinas referidas e com outras onde se possa articular curricularmente conteúdos e experiências.

### **7.3 Limitações do estudo**

Este estudo apresenta limitações e dificuldades, que são as de carácter específico do conhecimento científico e as de carácter experimental. Estas limitações já foram referenciadas no ponto 7.1.

Porém existem outras que são as inerentes ao tempo para a elaboração dum trabalho desta natureza, um ano, que é coincidente com o trabalho profissional da professora investigadora. Daí sentir-mos que neste trabalho ficou muito por fazer e explorar. Uma das limitações mais relevantes do estudo apresentado, é o de não ter sido possível trabalhar com alunos, pelas razões já referidas. Assim no ponto seguinte ficarão sugestões para a sua possível continuidade.

## 7.4 Conclusões e perspectivas futuras

De todo o trabalho desenvolvido parece-nos ter chegado a uma ideia central para o futuro: *a de que é necessário fazer mais e estudar mais*. Será necessário garantir a esta geração de alunos e professores, nascidos na era das novas tecnologias, material didáctico que relacione o ensino da Ciência.

Na tentativa de dar resposta à questão problema, fez-se o estudo apresentado nesta dissertação, que, como já se referiu, ficou ainda muito por testar e observar. Por exemplo, não foi feito o processamento de gravação da voz para verificar se entre as vozes gravadas estaria a nossa, pois, ao encontrarmos uma gravação cujo código binário fosse semelhante ao nosso, conseguiríamos obter a identificação. Este estudo deveria ser aplicado a um grupo de alunos e eles determinariam a sua identificação através da sua voz.

Assim, propomos que este trabalho seja continuado no futuro e que haja acções de formação para professores, para que possam na escola, onde se encontrem a leccionar implementar projectos de articulação curricular.

Este era um grande contributo para a leccionação, nomeadamente no Ensino Secundário.

Em suma, o trabalho poderia ter outra(s) sequência(s) se eventualmente fosse alargado a alunos, a um maior leque de professores, do(s) mesmo(s) grupo(s) disciplinar(es) envolvidos no nosso estudo e também a outras áreas de saber, atendendo à interdisciplinaridade que tanto é apregoada e solicitada nas nossas práticas lectivas diárias.

O nosso trabalho enquanto professores é sempre um processo pessoal, contínuo, global e integrado de mudanças. Cada professor tem que participar activamente na concepção e realização da sua aula mas este trabalho implica também saber articular e integrar aspectos que interactivam dinamicamente

uns sobre os outros. Articular curricularmente concretiza-se na capacidade de formular e reformular projectos que assentam numa base realista, entrando em linha de conta com a formação da pessoa, as qualificações e experiências profissionais, os níveis de desempenho dos alunos, as competências que possuem e as que se pretendem atingir.

A articulação não se processa anarquicamente, mas de acordo com planos sucessivamente reorganizados que ajudem o aluno a interligar, aprofundar e consolidar os conhecimentos adquiridos nas disciplinas, que agora, mercê da sua nova atitude, deixaram de ser compartimentos estanques.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRKENHEAD (1995). *Renegotiating the culture of school: scientific literacy for na informed public*. <http://WWW.usak.ca/education/people/aikenhead/procsci.htm> (17-04-2009).
- ALONSO, M. e FINN, E. (1972). *Física: Um Curso Universitário*. Editora Edgard Blucher, São Paulo.
- ALONSO, L. (2001). *O Projecto de "Gestão do currículo" em Questão*. Noesis 58. Lisboa IIE.
- BELL, J. (2004). Como realizar um projecto de investigação: um guia para a pesquisa em Ciências Sociais e da Educação (3ª edição). *Colecção Trajectos*. Lisboa: Gradiva.
- BOBBIT, F. (1918). *The Curriculum*. Boston: Houghton Mifflin.
- BLOOM (1956). *Taxonomia de Objectivos Educacionais. Domínio Cognitivo*. Ed. Globo, Porto Alegre.
- BLUM, W. e NISS, M. (1991). *Applications and Modeling in Mathematics Teaching - A review of arguments and instructional aspect*. Chichster: Ellis Horwood.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE, M. (2001). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*, Lisboa, Ministério da Educação.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino Das Ciências*. Edição do Instituto de Inovação Educacional.
- CANAVARRO, J. M. (1999). *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora.
- CARMO, H. e FERREIRA, M. (1998). *Metodologia da Investigação: Guia para Auto-Aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Departamento de Educação Básica (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico. Competências essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.

- FIOLHAIS, C. (2006). Entrevista com Carlos Fiolhais. *Gazeta de Matemática*, 150, 42-49.
- FRAGOSO, A. (2000). Avaliação de Projectos Sociais: O caso do projecto "Entre-mães". *Revista de Educação*, IX (2), 59.
- GALL, M. e BORG, W. (2003). *Educational research: an introduction*. Nova Iorque: Longman.
- JANVIER, C. (1987). *Problems of Representation*. In Teaching and Learning Mathematics. Hillsdale: Lawrence Erlbaum
- JORGE, A. e ALVES, F. (2005). *Infinito 11B*. Matemática B 11º Ano - Volume I. Areal Editores: Lisboa.
- LEITE, C. (1997). *As Palavras mais do que os Actos? - O Multiculturalismo no Sistema Educativo Português* (Cap. I). Porto: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto. Tese de doutoramento, documento policopiado.
- LEITE, L. e AFONSO, A. (2000). O ensino contextualizado de "pressão". *Boletín das Ciencias*, 44, 61-71.
- LEITE, L. e AFONSO, A. (2001) Aprendizagem baseada na resolução de problemas. Características, organização e supervisão. *Boletín das Ciencias*, 48, 253-260.
- LESH, R. (1990). *Computer-Based Assessment of Higher Order Understanding and processes in Elementary Mathematics*. In G. Kulm (Ed.), *Assessement of Higher Order Thin King in Mathematics*. Washington, DC: AAAS.
- LOPES, B. (2004). *Aprender a Ensinar Física*. Fundação Calouste Gulbenkian. Fundação para a Ciência e a Tecnologia.
- MACHADO, F. A e GONÇALVES, M. F. (1991). *Currículo e Desenvolvimento Curricular - Problemas e Perspectivas*, Porto. Edições ASA.
- MATIAS, J. (2004). *Práticas Laboratoriais de Electrotecnia e Electrónica 10º*

Ano. Lisboa: Didáctica Editora.

MATOS, J. F., CARREIRA, S. P., SANTOS, M. e AMORIM, I. (1993). *Matemática e Realidade - projecto de investigação*. Departamento da faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

MATOS, J. F., CARREIRA, SANTOS e AMORIM, (1994). *Ferramentas Computacionais na Modelação Matemática*. Lisboa: Faculdade de Ciências.

MARTINS, I. *et al.* (2005). Educação em Química e ensino de Química perspectivas curriculares - Parte II. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 96, 33-37.

MIGUÉIS, M., SERRA, P., SIMÕES, H. e ROLDÃO, M., C. (1996). *Dimensões formativas de disciplinas do ensino básico*. Ciências da Natureza. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (2001). *Reorganização Curricular do Ensino Básico*. Decreto - Lei n.º 6/2001 de 18 de Janeiro.

NETO, A. (1998). *Resolução de problemas em física: conceitos, processos e novas abordagens*. Lisboa: Instituto da Inovação Educacional.

OGUNSOLA-BANDELE, M. (1996). *Mathematics in physics-which way forward: the influence of mathematics on students attitudes to the teaching of physics*. Comunicação apresentada no Encontro Annual da National Science Teachers Association, EUA.

ORTON, T. e ROPER, T. (2000). Science and mathematics: a relationship in need of counselling? *Studies in Science Education*, 35, 123-154.

PACHECO, J. (1996). *Currículo: Teoria e Práxis*. Porto: Porto Editora.

PACHECO, J. e FLORES, A. (1999). *Formação e avaliação do professor*. Porto: Porto Editora.

PARDAL, L. e CORREIA, E. (1995). *Métodos e Técnicas de Investigação Social*. Porto: Areal Editores.

- PONTE, J. (1992). Problemas de Matemática e Situações de Vida Real. *Revista de Educação*, II (2), p. 95-108
- POYNTER, A. e TALL, D. (2005). *What do mathematics and physics teachers think that students will find difficult? A challenge to accepted practices of teaching*. In D. Hewitt & A. Noyes (Eds.). *Proceeding of the sixth British Congress of Mathematics Education*. University of Warwick.
- RAMOS, M. (2004). *Representações sociais da Matemática: a bela e o monstro?* Porto: Porto Editora.
- ROCHA, J. F. (1999.) *Origens e evolução das ideias da Física*. Salvador: Edufra.
- ROLDÃO, M. C. (1999). *Os professores e a Gestão do Currículo Perspectivas e Práticas em Análise*. Porto: Porto Editora.
- SILVA, T.T. (2000). *Teorias do Currículo uma Introdução Crítica*. Porto: Porto Editora.
- STENHOUSE, L. (1984). *Investigacion y Desarrollo del Curriculum*. 2ª ed., Ediciones Morata.
- TYLER, W. (1950). *Organización escolar: Una perspectiva sociológica*. Madrid: Ediciones Morata (trad. esp.).
- VIEIRA, M. (2003). *Literacia científica e contributos do ensino formal para a compreensão pública da Ciência*. Lição Síntese apresentada para provas de agregação em Educação. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- WOOLNOUGH, B.E. (1997). Motivating Students or Teaching Pure Science? *School Science Review*, 78(285), 67-72.
- Zabalza, M. (1994). *Planificação e Desenvolvimento Curricular na Escola*. Coleção Perspectivas Actuais. Porto: Edições Asa.
- ZEMANSKY, S. (1980). *Física - Mecânica - Hidrodinâmica*. Editora Universidade de Brasília.

## **Anexos**



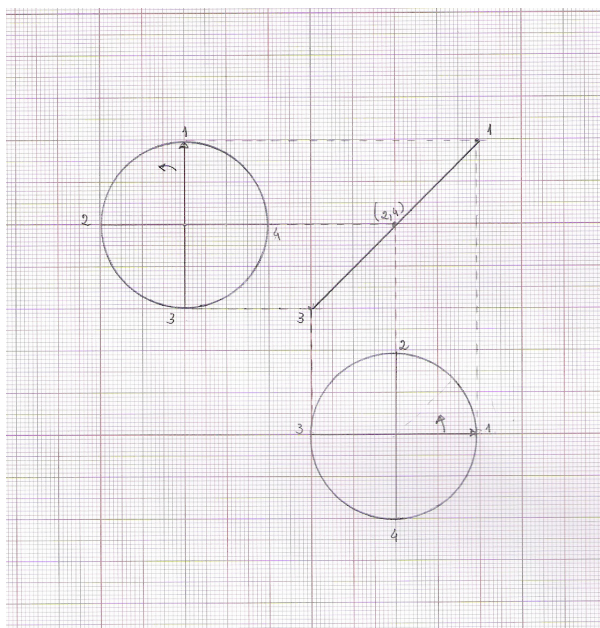


## **ANEXO I**

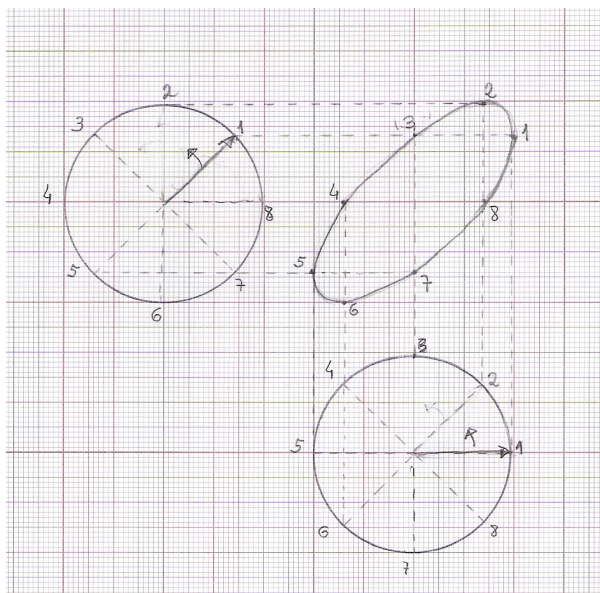


## *Figuras de Lissajous*

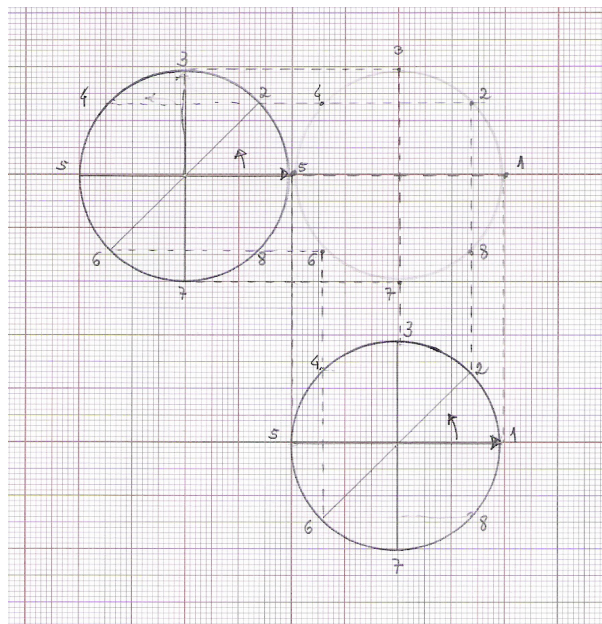
### Construção da figura de Lissajous - desfaseamento $90^\circ$



### Construção da figura de Lissajous - desfaseamento $45^\circ$



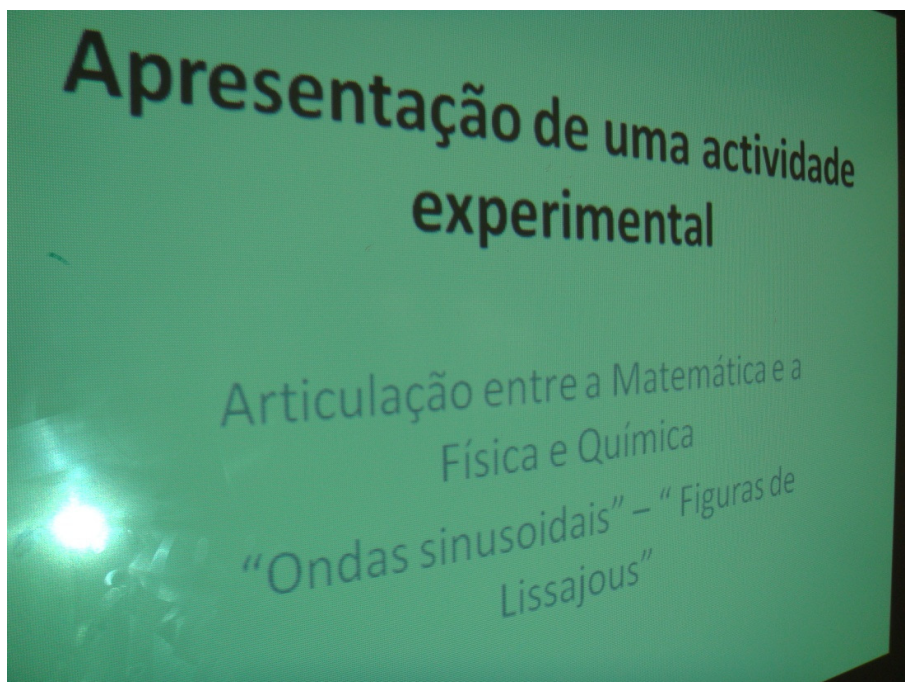
## Construção da figura de Lissajous - desfasamento de $0^\circ$



## **ANEXO II**



***Registo fotográfico da "Oficina de Reflexão"***



***Apresentação da actividade***

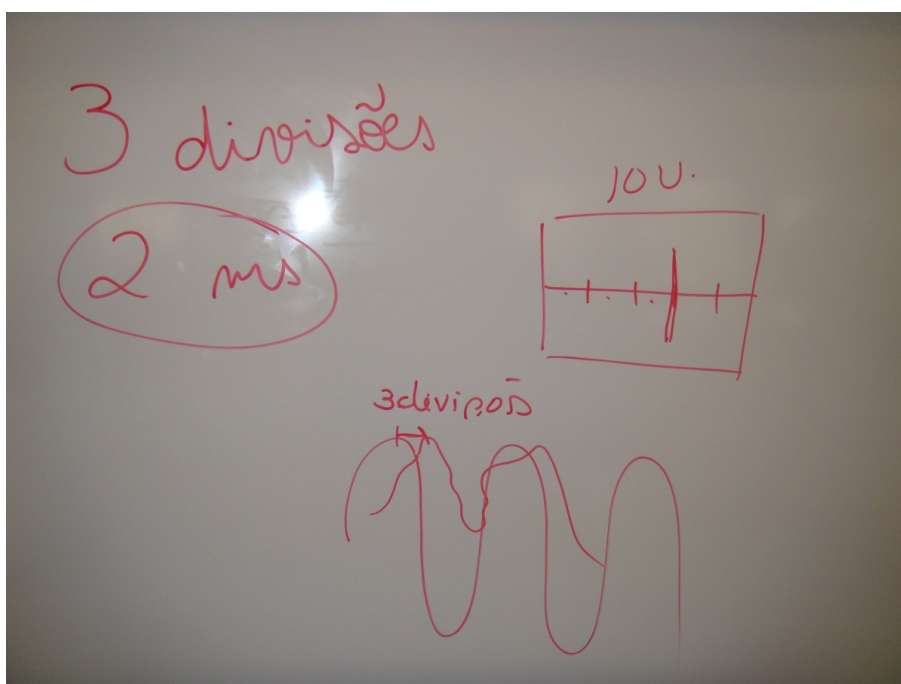


***Montagem dos instrumentos de medida***

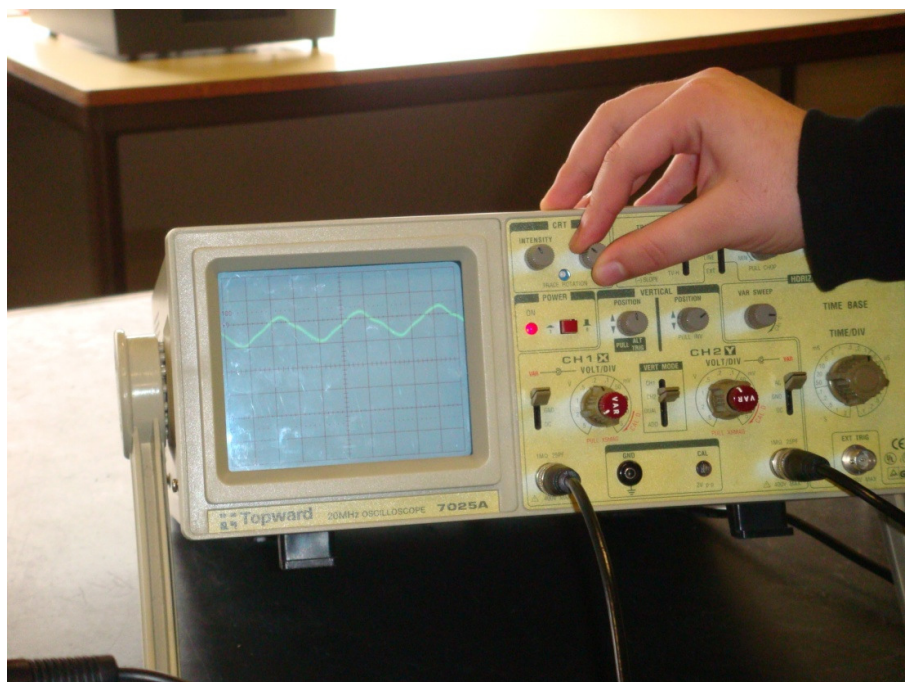




*Sinal produzido pelo gerador de sinais*



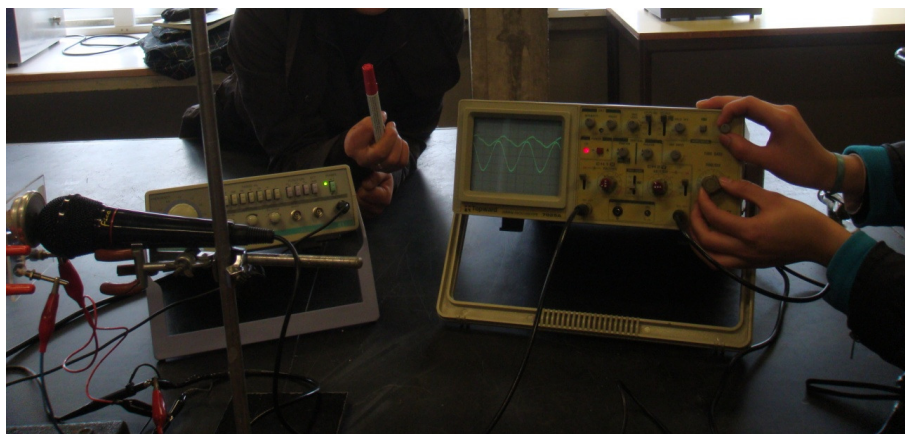
*Interpretação das escalas*



*Leitura das escalas e ajustes através dos comandos do osciloscópio*



*Participante na actividade a produzir a vogal "a"*



*Registo da onda produzida pelo gerador de sinais e a da vogal "a" emitida pelo participante na actividade*

## **ANEXO III**



### **Questionário de Opinião**



## Questionário

Senhor(a) Professor(a)

Muito obrigada pela sua disponibilidade. Estou a realizar, no âmbito de um Mestrado da Universidade de Aveiro, um estudo sobre a articulação curricular entre a disciplina de Matemática e a disciplina de Física e Química, no ensino secundário.

Este questionário destina-se a Professores destes grupos disciplinares, é anónimo e será usado apenas para fins de investigação.

Obrigada pela sua colaboração.

*Maria Alice Saúde*

1-Idade (em anos): \_\_\_\_\_

2-Nível de ensino que lecciona:

\_\_\_\_\_

3-Grupo disciplinar:

\_\_\_\_\_

4-Há quantos anos ensina?

\_\_\_\_\_

5-Considera que se articulou a linguagem Matemática com a linguagem Física? Em que medida?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6-Considera que a articulação da linguagem contribui para a construção do conhecimento dos alunos? Em que medida?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**7-Considera que foi feita a articulação curricular entre a Matemática e a Física e Química?**

---

---

---

---

---

---

**8-Considera que contribuiu para o desenvolvimento de competências nos professores? Em que medida?**

---

---

---

---

---

---

**9-Considera que na actividade experimental conseguiu-se o objectivo de reconhecer a importância da actividade experimental no ensino das disciplinas em questão? Em que medida?**

---

---

---

---

---

---

**10-Como avalia a actividade desenvolvida e a sua prestação enquanto participante nela?**

---

---

---

---

---

---

*Grata pela colaboração prestada*